ENVIRONMENT
NEW BRUNSWICK

ENVIRONNEMENT
NOUVEAU-BRUNSWICK

CASIER POSTAL / P.O. BOX 6000, FREDERICTON, N.B., CANADA E3B 5H1

AN EXAMINATION OF THE DRY WELL PHENOMENON NORTHEASTERN NEW BRUNSWICK IN RELATION TO THE MIRAMICHI EARTHQUAKES, WINTER 1982

DEPARTMENTAL REPORT T-8303

R.A. BRINSMEAD

JANUARY 1983

Groundwater Section
Water Resources Branch
New Brunswick Department of the Environment

ABSTRACT

Beginning in early February 1982, reports were received by Environment New Brunswick of water wells going dry in an area mainly northeast of the town of Newcastle. This phenomenon was popularly blamed on the Richter magnitude 5.7 earthquake that had occurred on 9 January 1982. This paper is an attempt to evaluate possible causes of the phenomenon.

A review was conducted of weather conditions, and also of water level responses in a number of observation wells. Weather data indicate a winter of average precipitation, but consistently cold temperatures with no thaws, resulting in a hydrological drought, with total lack of groundwater recharge for a period of over 2½ months. Out of 7 observation wells examined, 4 showed rapid post-seismic water level decreases, 2 showed rapid water level increases, and one was apparently unaffected. These responses indicate localized changes in hydraulic head within the groundwater system that are apparently of a temporary nature with water level trends returning to a predictable pattern within about 7 days after the seismic event.

Statistics on the dates when wells "dried up" indicate that in only 5% of the reported dry well cases did the problem occur in the 5-day period immediately following the 9 January earthquake. Out of all the succeeding 5-day periods through the winter, the largest number of "dry well" problems occurred in the 1-4 February period, about 3½ weeks after the first earthquake. The broad temporal distribution of the well problem occurrences suggests that the major causative factor is a progressive mechanism, probably the lack of recharge with deepening drought conditions, rather than a single-event cause like the earthquake. It is acknowledged that the earthquake effect could have been the crucial factor in the onset of problems in a small fraction of the wells with already critically low water levels, or may have affected the timing of the "drying up" in some cases. Nearly all wells recovered to a usable state by mid-April 1982.

AN EXAMINATION OF THE DRY WELL PHENOMENON, NORTHEASTERN NEW BRUNSWICK, IN RELATION TO THE MIRAMICHI EARTHQUAKES, WINTER 1982

In early February 1982 the Water Resources Branch, New Brunswick Department of the Environment,began receiving reports of water wells going dry, largely in the area northwards and eastwards from Newcastle, in northern New Brunswick (Figure 1). A total of approximately 220 instances were reported by the end of March.

The occurrence of earthquakes in New Brunswick on 9 and 11 January has been cited by many as the cause of this phenomenon. The Groundwater Section of the Water Resources Branch has maintained that below-average groundwater levels resulting from very low recharge in the affected area through the winter of 1982 are largely responsible for the problems, without discounting the possibility of a contributory effect by the earthquakes.

This report is the result of an examination of the problem as it has evolved up to mid-April 1982. The interpretations are tentative and might be altered or supplemented as additional data become available.

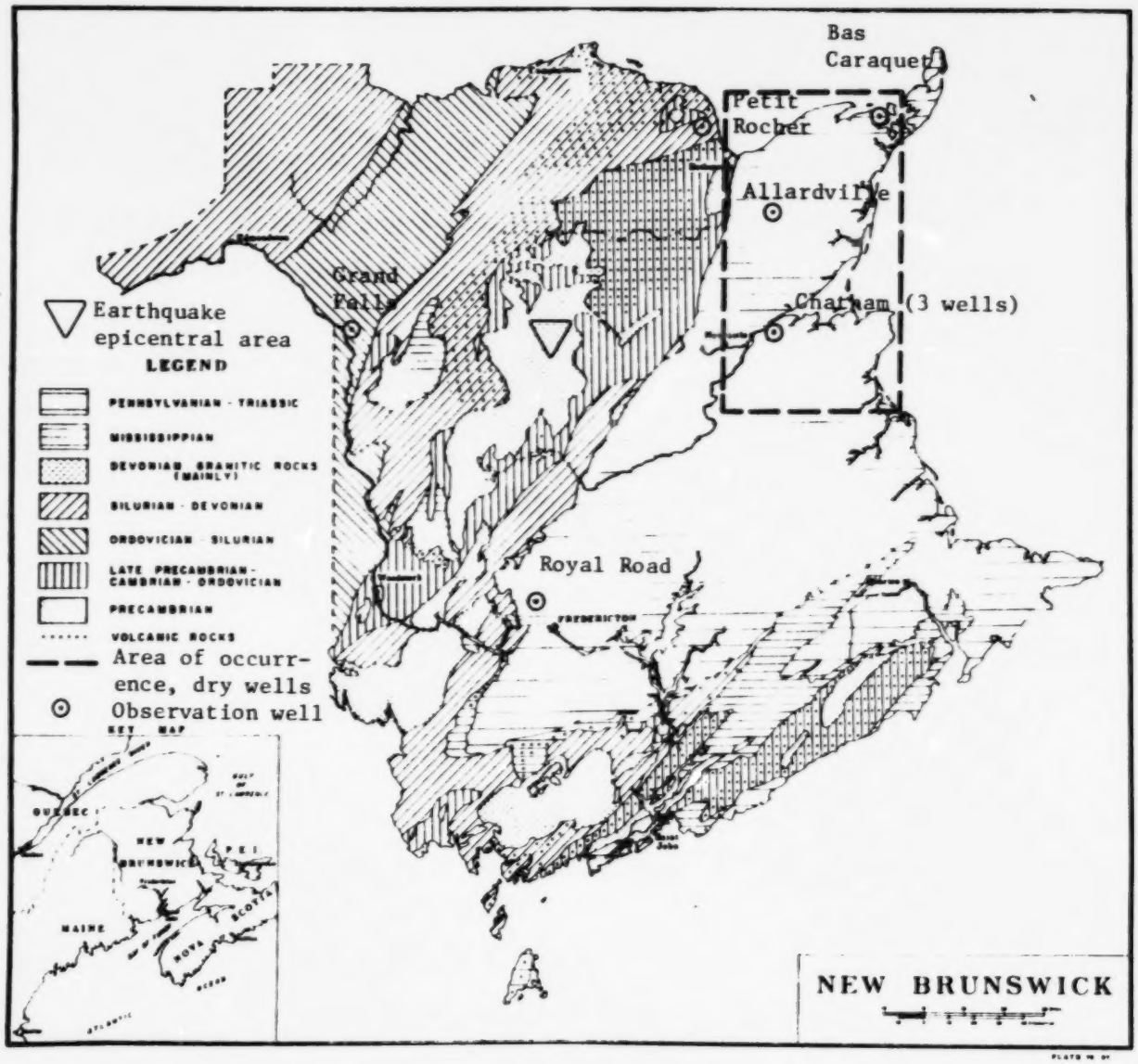


FIGURE I: Location Reference Map and Generalized Geology
Carte référence de l'endroit et géologie d'ensemble

Weather Data:

As the groundwater system is recharged by water infiltrating from the land surface, weather conditions necessarily have a profound effect on groundwater recharge, and thus on water levels in wells.

While the winter of 1982 had roughly average total precipitation, temperatures were consistently cold, so that very little of this was in the form of rain. Virtually no water was liberated by melting of the snow cover up to at least the second week of March. Daily mean temperatures and daily total rain precipitation are graphed on Figure 2 for Chatham, N.B. as an example. Data from Bathurst and Little River Mines are similar.

The Chatham graphs indicate that the last significant opportunity for groundwater recharge was in the first two weeks of December 1981, when rain fell at temperatures above $0^{o}C$, on ground with little or no snow cover. From 16 or 17 December until virtually the end of March, rainfall was insignificant, probably being easily absorbed by the snow pack. There were no days between 16 December and 12 March with mean temperatures above $0^{o}C$, resulting in a total lack of significant snow melt that would penetrate the snow pack to the ground surface. It is reasonable to conclude

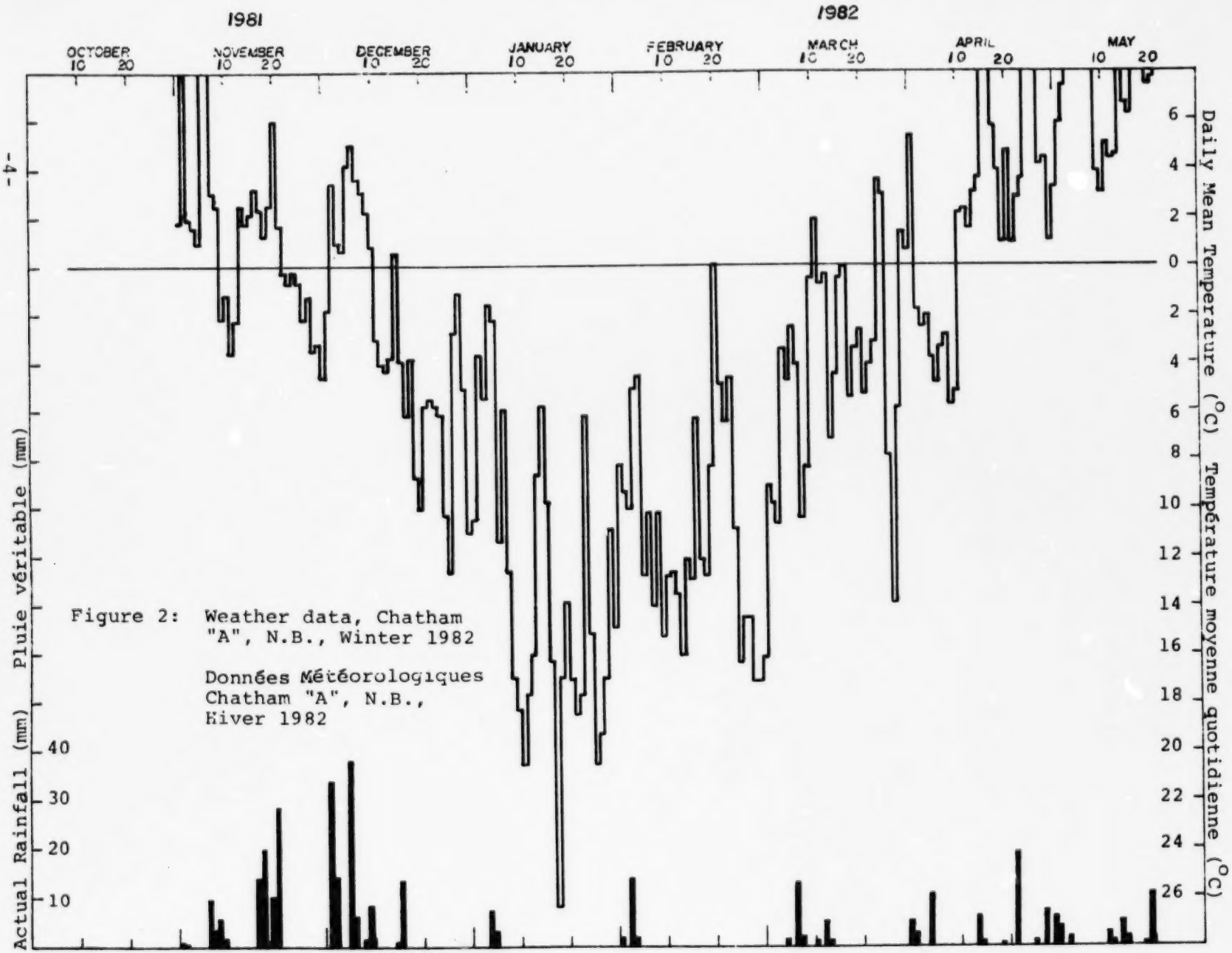


Figure 2: Weather data, Chatham "A", N.B., Winter 1982

Données Météorologiques Chatham "A", N.B., Hiver 1982

that there was no recharge in the period from late December 1981 until about the end of the first week of March 1982, resulting in the establishment of a hydrological drought during this period. In contrast, it has been common in past years during the January-February period to have a significant midwinter thaw, often accompanied by rainfall.

Earthquake Occurrence:

On 9 January 1982, at 08:53 AST, an earthquake of magnitude 5.7 on the Richter Scale was recorded in the area northeast of Jacks Lake, in the remote central part of New Brunswick about 80 km west of Newcastle (Figure 1). The location of the epicentre was Lat. 47.0°N, Long. 66.6°W. At 12:36 on the same day, an aftershock of magnitude 5.1 was recorded, and another major aftershock of 5.4 occurred at 17:41 on 11 January. At 17:02 on 31 March 1982, a tremor of magnitude 5.0 was felt in northeastern New Brunswick, the epicentre again being in the Jacks Lake area. Further shocks were felt at 09:50 on 2 April (4.2), 14:00 on 11 April (4.0), 18:47 on 18 April (3.8) and at 12:28 on 6 May (3.9).

This series of earthquakes comprises by far the largest tremors that have occurred in New Brunswick in a period of 60 years, and hence represents an unusual force relative to groundwater response. The sequence has come to be referred

to as the "Miramichi Earthquakes".

Geological Framework:

The terrain of northeastern New Brunswick is characterized by two physiographic divisions (Figure 1). The New Brunswick Highlands division, lying west of a line extending roughly southwards from Bathurst, comprises pre-Carboniferous low-to medium-grade metasediments and metavolcanics, intruded by Devonian granitic rocks. The epicentre of the Miramichi Earthquakes was in the granitic rock mass.

The Maritime Plain physiographic division, lying east of the dividing line at Bathurst, comprises relatively undisturbed interbedded sandstone, conglomerate, siltstone and shale mainly of Pennsylvanian (Carboniferous) age, that overlie the older metasediments unconformably. Virtually all the wells reported to have gone dry are in this Pennsylvanian sedimentary complex.

Statistics of the Dry Wells:

The average depth of 10,000 wells on record in New Brunswick is 35 metres (115 feet). Generally speaking, good yields of water (from 0.2 to 2.0 l/sec) are easier to find in the Pennsylvanian strata than in the hard metasediments of the Highlands region, and are frequently found at considerably shallower depths in the Pennsylvanian. Of the

113 dry wells on which there are reliable data, all are shallower than the provincial average except two. About 75% are less than 23 metres (75 feet) deep, and over 60% are between 3 and 17 metres (10 and 55 feet) deep (see Figure 3).

Groundwater at such shallow depths in the Pennsylvanian rocks likely occurs as perched water tables in the fractured rock, held up by semi-impermeable siltstone or shale interbeds or lenses. Water levels in such systems would be exceptionally vulnerable under extreme low recharge conditions, being subject to depletion not only by water extraction through wells, but also by downward leakage through minor fractures in the shale aquitard below. This leakage would tend to buffer declines in deeper aquifer units, possibly making them more resilient in dry conditions. Perched water tables of this type likely do not occur frequently in the more uniformly fractured pre-Carboniferous metasediments, so that water supplies encountered in the pre-Carboniferous rocks are generally less ephemeral than some shallow supplies in the Pennsylvanian.

A substantial number of the problem wells are either very shallow or are of very small diameter (3 to 5cm($1\frac{1}{4}$ to 2 in)), or both. Shallow-well suction pumps commonly used in such wells will draw water only from a depth of about 7.5 metres (25 feet), so that decline of the water table

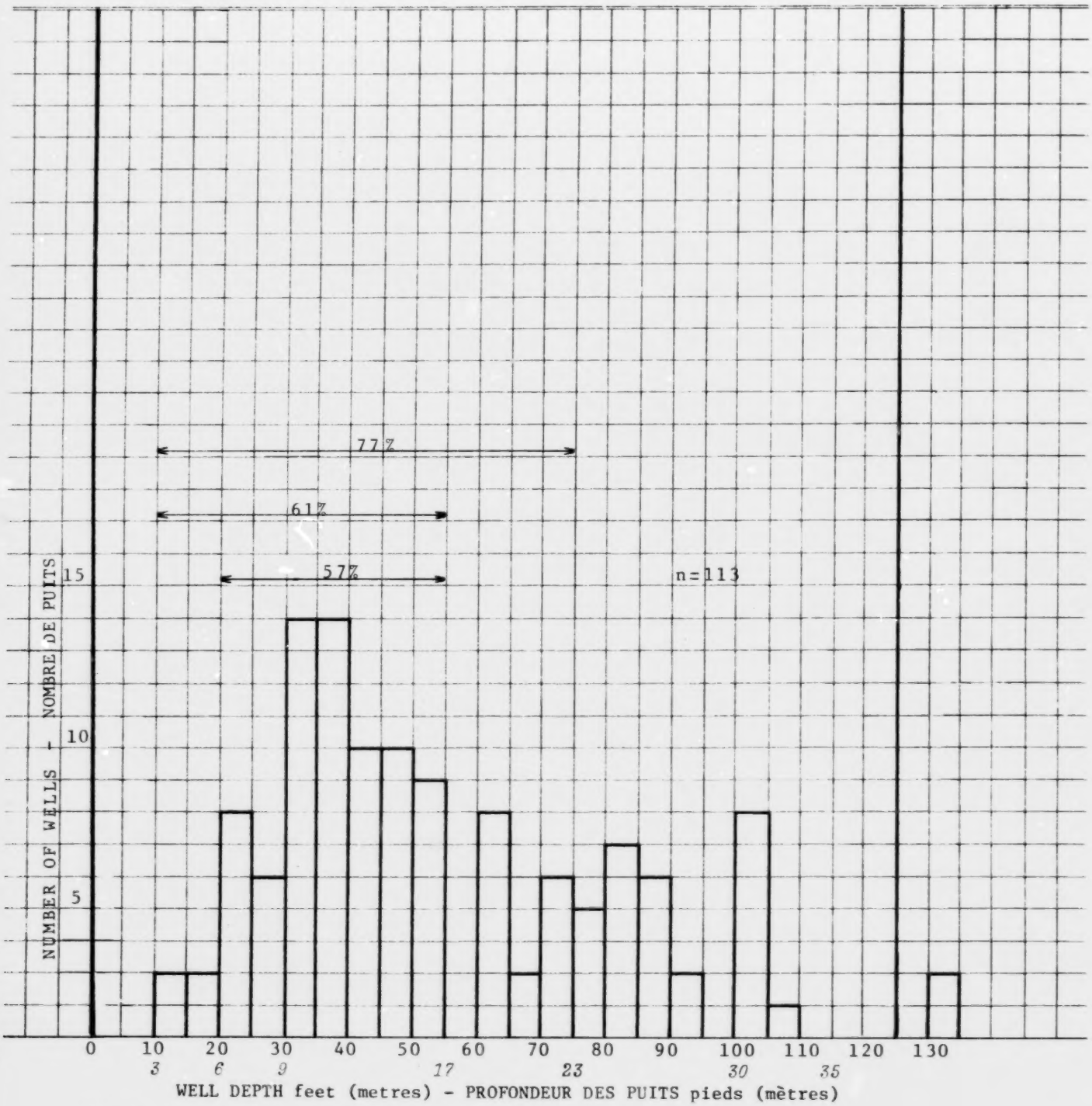


Figure 3 : Depth-frequency plot of dry wells, winter 1982
Allardville, Lagaceville, Newcastle-Chatham regions
Graphique de la fréquence - profondeur des puits secs, hiver 1982

below that depth would result in dysfunction of the pumping equipment, and an apparent dry condition when the aquifer is not dry at all. Small-diameter wells have the additional disadvantage of a very small water reserve per unit of water depth. For instance, a 3cm (1¼ in) diameter well contains only about 2.5 litres of water per metre of water depth in the well bore, compared to 17.7 litres per metre of depth in a 15 cm (6 in) diameter well. Therefore, these wells are very susceptible to problems even when static water level does not decline below the footvalve, as rapid drawdown from a lowered static level can cause cavitation at the footvalve and loss of pump prime. In some instances during the winter of 1982 people solved their problems simply by lowering their footvalve by means of adding an extra length of riser pipe, which effectively eliminated the loss of prime.

Much of the data on "dry wells" in this report actually stems from wells that were reported to have stopped yielding water, with "dryness" in many cases being equated with a simple condition of low water level. Frequently, a small expenditure of money and effort is all that is required to rectify the problem. In a substantial proportion of the cases, the well itself is probably capable of producing an adequate water supply if the pumping installation is properly designed to use the well's capacity.

Water Level Records from Observation Wells:

Environment New Brunswick maintains continuously-monitoring water level recorders on several observation wells in the northeastern portion of the Province, notably at Chatham, Allardville, Petit Rocher and the Shippegan-Lameque area, as well as at other locations in the Province (Figure 1). In addition, Environment Canada operates an observation well at Chatham that responded to the earthquake event.

The autumn of 1981 was fairly wet, resulting in good recovery of observation wells from their summer lows. The period of record on most of these wells is too short to plot a reliable normal graph, but most of the observation wells were at higher levels during November and December 1981 than during the same period in 1980. However, while levels during this period in 1980 were actively rising, the levels of several of the wells through late 1981 were static and in a few critical locations, declining slightly. Groundwater levels then were past their autumn peak and already entering the normal winter decline by about Christmas. As observed in the paragraphs on Weather Data, conditions from mid-December 1981 until early March 1982 precluded any recharge whatsoever.

The Allardville observation well, for a period of a little over 3 weeks before the January 9 earthquake, had been declining fairly steadily at a rate of about 2 to 2.5cm (3/4 to 1 in) per day (Figure 4). An instantaneous response is obvious at the time of the 08:53 earthquake on 9 January and the water level declined about 0.8m (2.7 ft) in approximately 16 hours following this initial shock. No effect is noted as a result of the 12:36 tremor the same day, partly because of the already near-vertical trace. The steepness of the trace began to tail off late in the day on 9 January. Some time in the very early morning of 10 January, the cable of the recorder fell off the pulley and the continuous record for the remainder of the month is lost.

The Chatham Industrial Park observation well (Figure 5) was generally declining slightly, with minor oscillations, for about three weeks before the earthquake event. Again, the response to the initial shock on 9 January is obvious, with a sharp, short-term level increase of about 2.5cm (1 in), then a dramatic level decline of about 0.3m (1 ft) in a little over three hours, about 0.6m (2 ft) at the end of one day, and a total of 1.1m (3.5 ft) at the end of two days.

The water level continued declining at a slower rate until the early part of 14 January, five days after the initial earth movement, at which time it had declined just

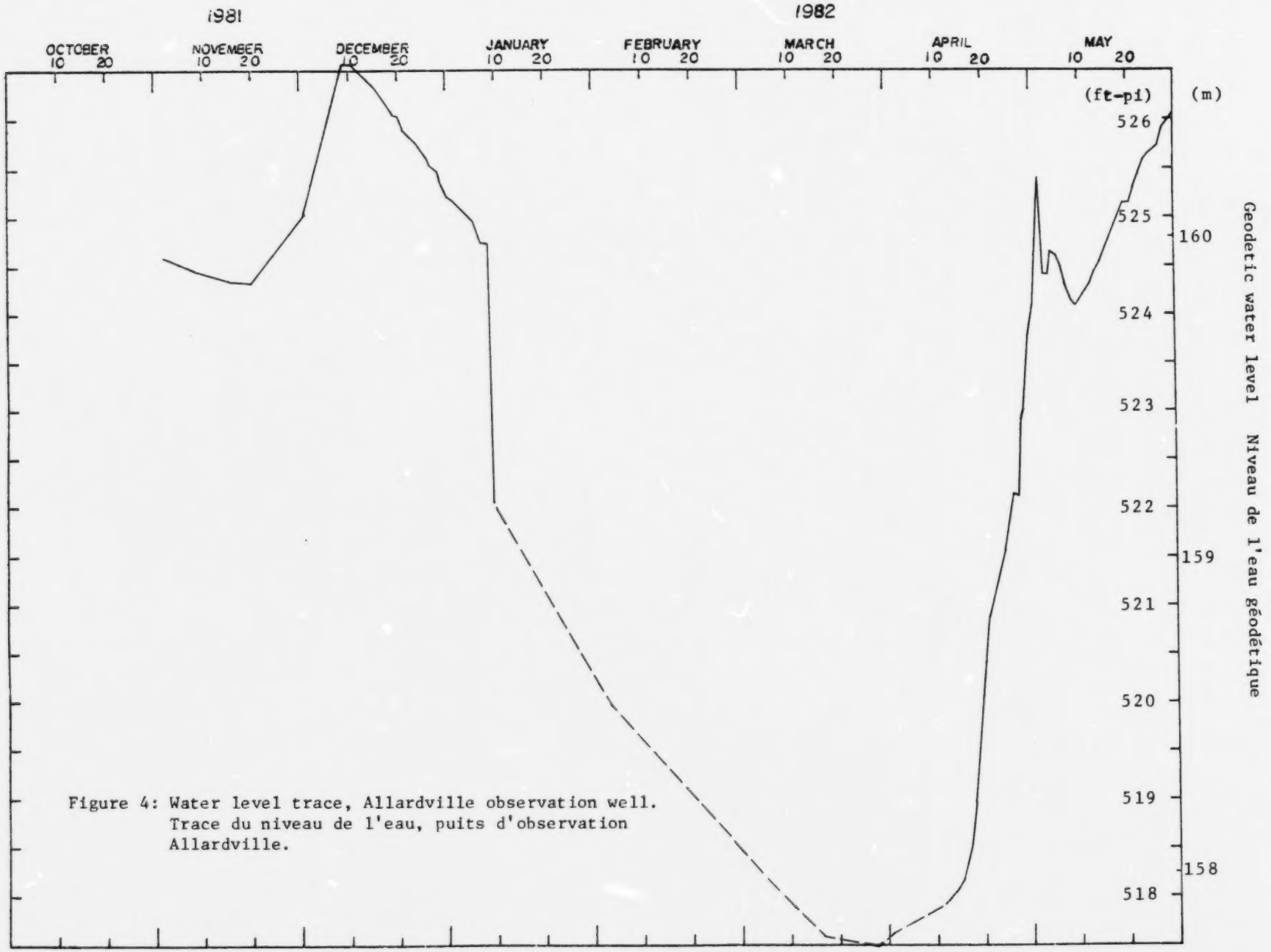


Figure 4: Water level trace, Allardville observation well.
Trace du niveau de l'eau, puits d'observation Allardville.

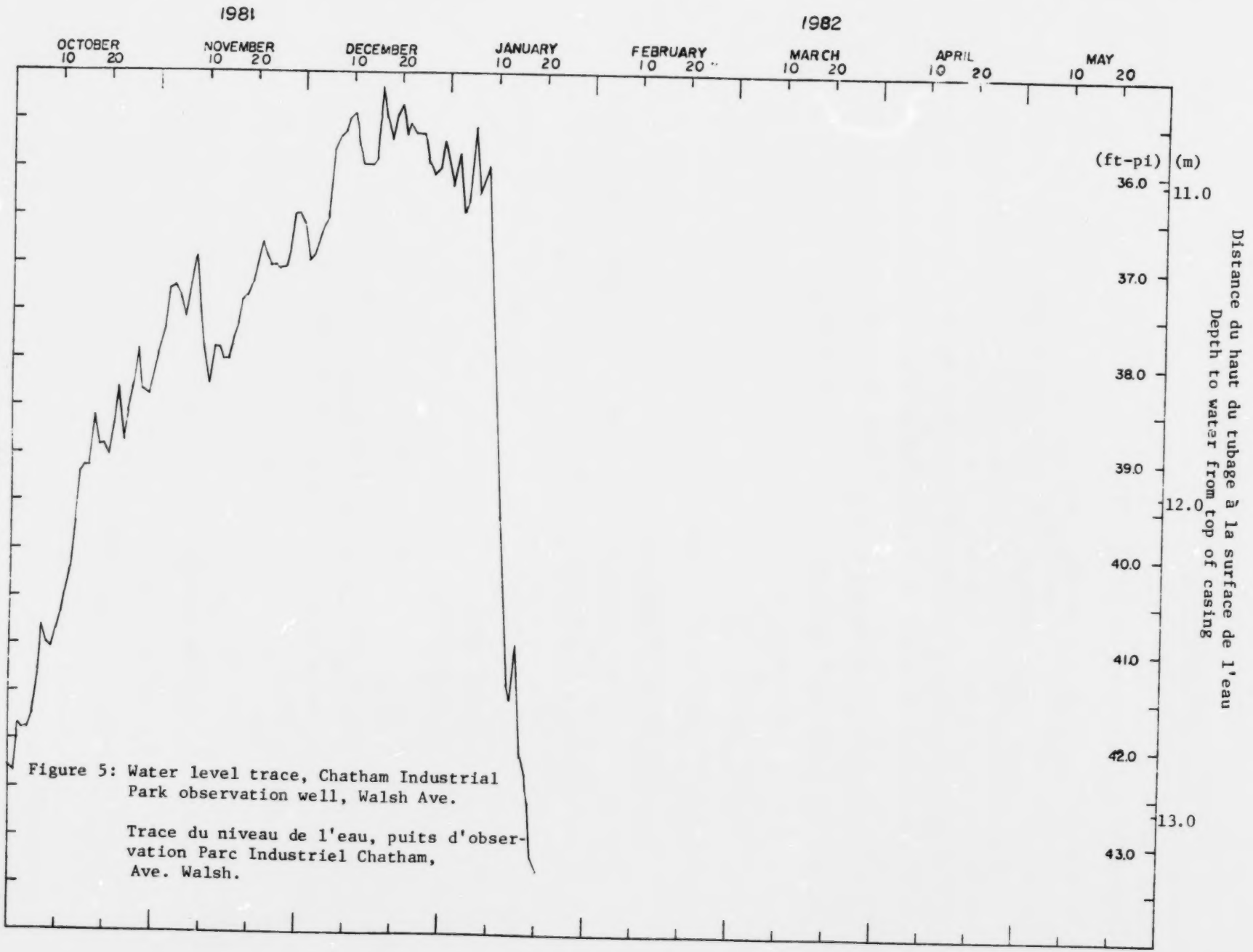


Figure 5: Water level trace, Chatham Industrial Park observation well, Walsh Ave.

Trace du niveau de l'eau, puits d'observation Parc Industriel Chatham, Ave. Walsh.

over 1.7m (5.5 ft) in total. The level then experienced a rise of about 15 cm (6 in), after which it resumed its decline at a lower average rate, reaching a level about 2.3m (7.5 ft) below the pre-earthquake level on 21 January. On this date, the recorder float apparently came to rest on an obstruction in the well, and was only re-floated for a short period on 24 January by a temporary rise in the water level. From that date until an inspection on 1 April, water level remained below the level of this obstruction and there was no effective record. It is felt that any decline after the minor recovery on 13 and 14 January may reflect the onset of poor recharge conditions, thus limiting the portion of the level decline attributable to the earthquake to a maximum of 1.7m (5.5 ft) over a period of five days.

The Chatham Retarded Children's Property observation well (Figure 6), about 2.5km west of the Industrial Park Well and at nearly the same elevation, showed a similar type of trace, but declined only 0.3m (1 ft) in the initial 15 hours after the first shock, after which time the trace levelled out almost completely, dropping to a total of only a 0.5m (1.5 ft) decline after 5 days and then showing a subsequent recovery of about 0.25m (0.8 ft) through 14 and 15 January. After this time it resumed a gradual decline attributable to lack of recharge. The earthquake effect is probably limited to a maximum of the 0.5m (1.5 ft) noted up

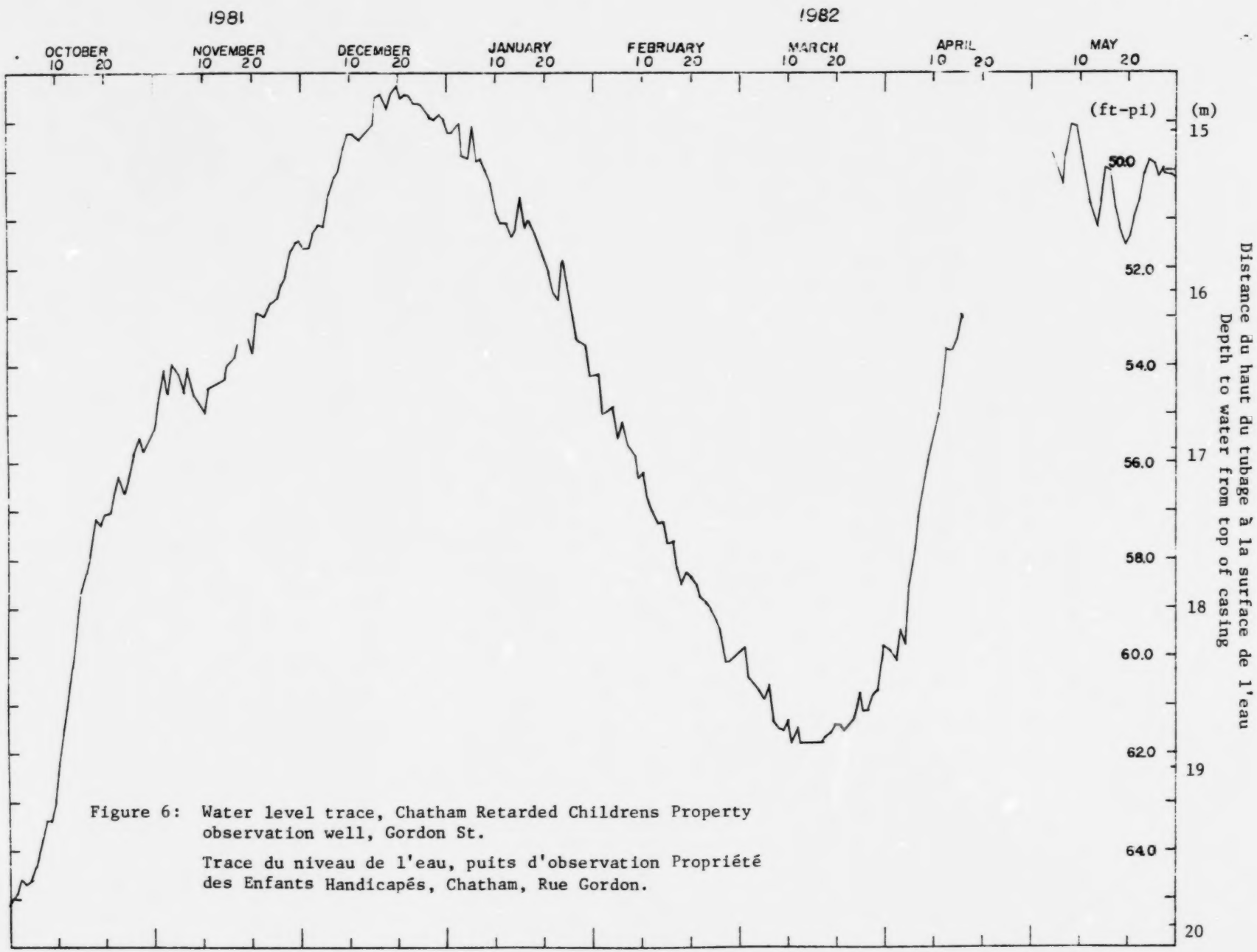


Figure 6: Water level trace, Chatham Retarded Childrens Property observation well, Gordon St.

Trace du niveau de l'eau, puits d'observation Propriété des Enfants Handicapés, Chatham, Rue Gordon.

to 14 January.

All of the above wells indicate that the effect at least of the initial earthquake on 9 January was reflected in changing groundwater levels. However, because both the earthquake effect and the water level movement in response to lack of recharge are on the downside, it is impossible to separate the importance of one effect from the other. One additional observation well record is instrumental in giving a tentative answer to this question.

The Environment Canada observation well at Chatham (Figure 7) was in a state of gradual decline from about mid-December 1981 until the earthquake event on 9 January 1982. January 9 marks the beginning of a sharp level response that results in a water level increase of about 0.4 metre (16 inches) by 11 January, most of this increase having occurred in the 24 hours after the first shock. The trace then becomes level until 15 January and subsequently resumes a fairly steady decline at a rate somewhat increased from the rate before the tremors. This increased rate is consistent with the deepening drought conditions. The indications of this record are as follows: (a) The earthquake's effect on groundwater levels was temporary, with the most pronounced response lasting only about 1 to 2 days. (b) The stable water level trace between the 3rd and 6th days after

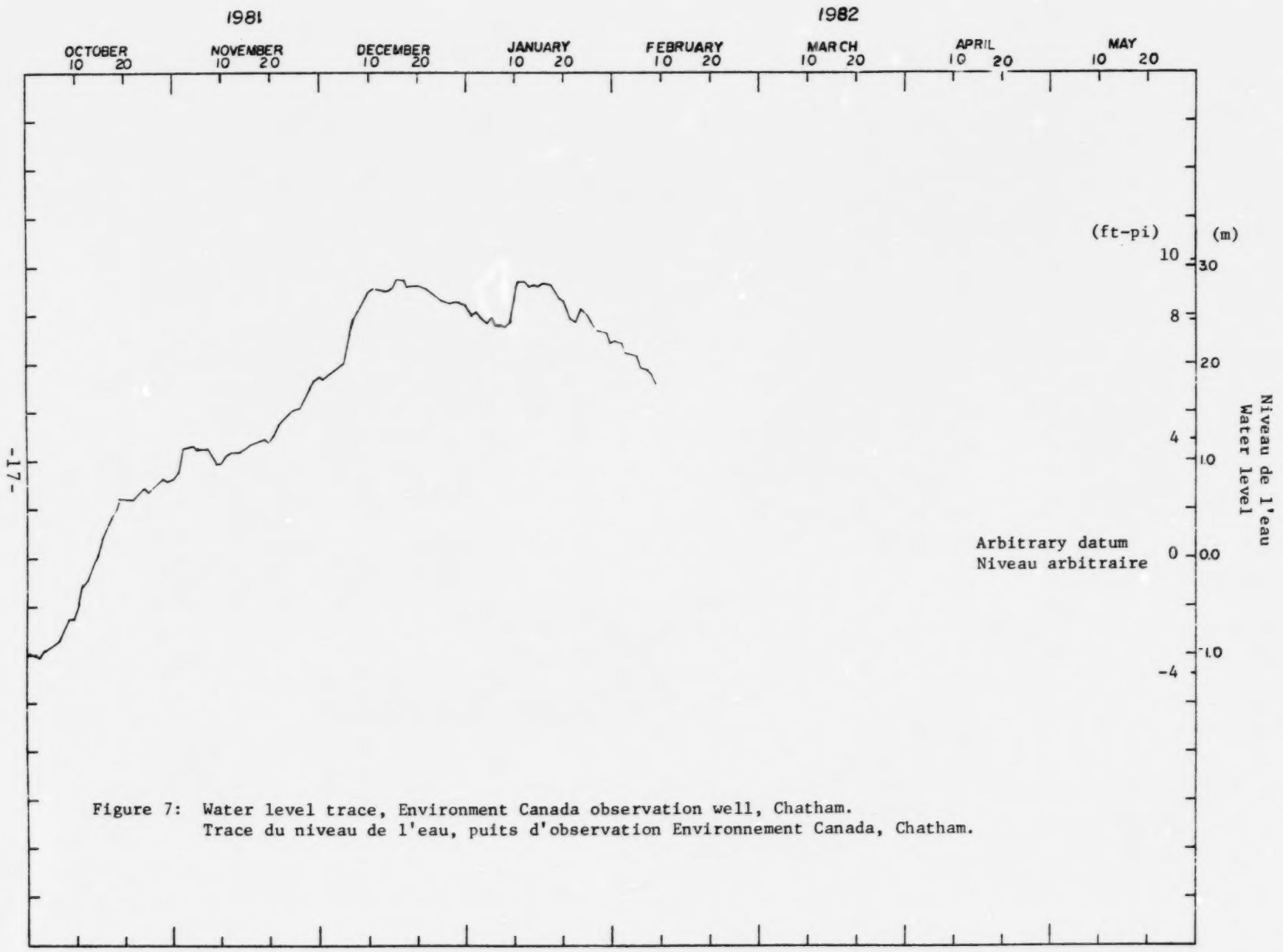


Figure 7: Water level trace, Environment Canada observation well, Chatham.
Trace du niveau de l'eau, puits d'observation Environnement Canada, Chatham.

the 9 January tremor indicates that level adjustment in response to the quake event continued at a decreased rate, just counterbalancing the downward effect caused by lack of recharge. Re-establishment of decreasing water level after the 6th day signifies the practical end of the "earthquake effect". (c) This time-frame for the earthquake-response phenomenon is consistent with the timing of break-points (moderating slope) in the graphs of levels in the other wells.

A number of other well records in the Province were also examined. The Royal Road observation well, just north of the Fredericton city limits, responded similarly to the Environment Canada well at Chatham. Through most of the 2½ weeks before 9 January, the water level had been declining. Within 8 to 12 hours after the first tremor, it had risen about 9cm (3½ in) (see Figure 8). By early morning of 10 January, the decline resumed at a greater rate until broken by a small rise on 14 and 15 January, after which the decline continued at a decreasing rate until 3 February, when some recovery commenced. The indication again is that the earthquake effect was temporary, with a maximum duration of about 5 days. The total decline from the 10 January post-seismic peak until the 3 February low was about 0.7m (2.2 ft).

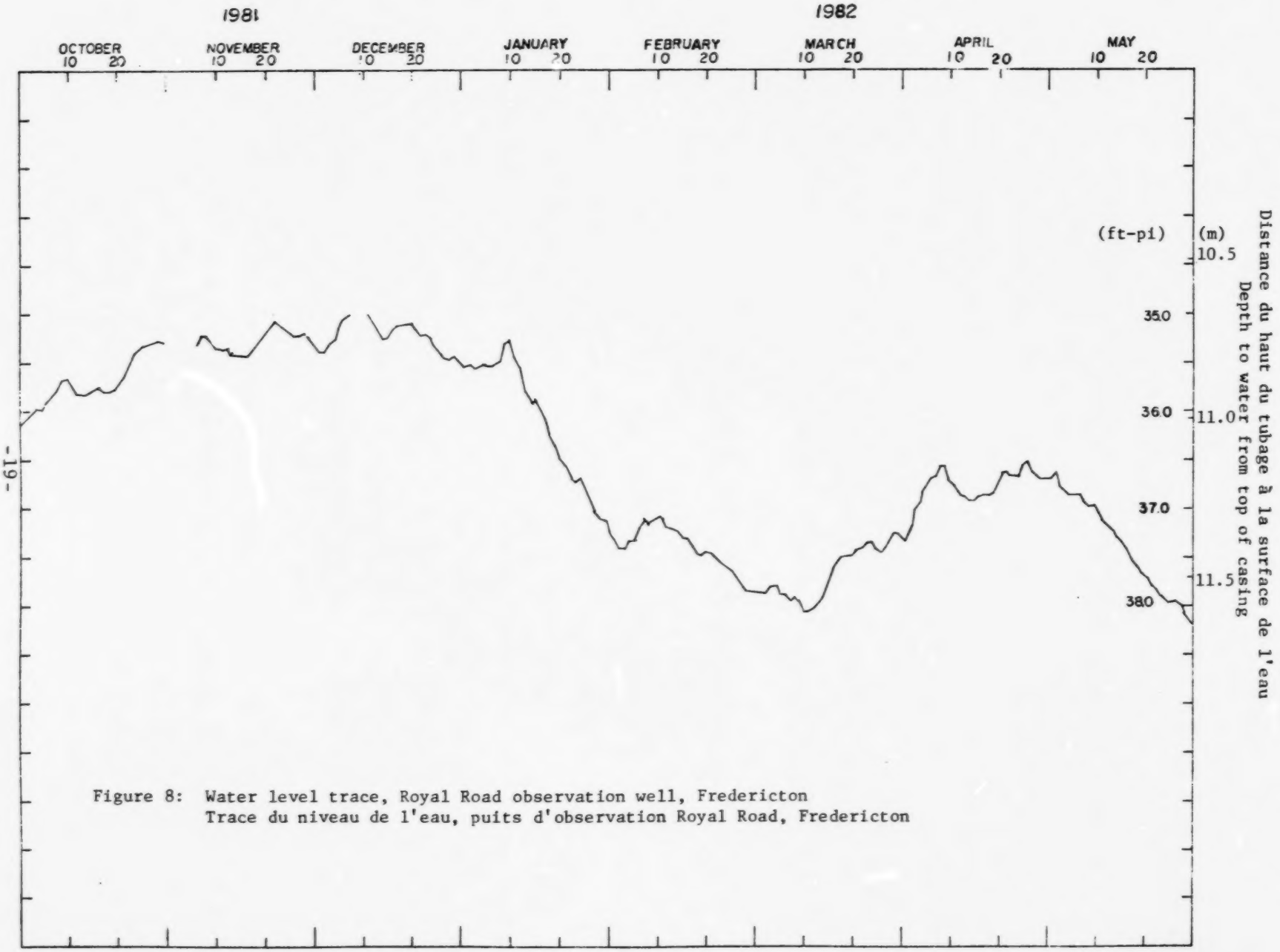


Figure 8: Water level trace, Royal Road observation well, Fredericton
Trace du niveau de l'eau, puits d'observation Royal Road, Fredericton

Both the Royal Road well and the Industrial Park well at Chatham experienced minor rises in water level during the two days preceding the 9 January tremor, an apparent inconsistency with the lack of recharge. In this period, water level rose about 3.2cm (1.25 in) at Royal Road, and 6.4cm (2.5 in) at Chatham Industrial Park. Major trends in water level response are, however, frequently broken by minor irregularities, so that this feature of the water level traces may be quite unrelated to pre-earthquake stresses. "At sites close to the earthquake epicentre, such water level increases might reflect stress changes in the ground prior to the magnitude 5.7 earthquake. At these two sites though, 90 to 100 km from the epicentre, theoretical calculations suggest that stress changes attributable to the impending earthquake would be too small to have any direct effect on the water levels. Local geological heterogeneities such as fractures and faults can play a dominant role in what is observed, but even so the evident rise in water levels at the Royal Road and Chatham Industrial Park wells is probably not a pre-earthquake effect." (Robert Wetmiller, pers. comm. May 1982).*

The record of the Grand Falls observation well shows no definable response to any of the seismic shocks during January. The observation well at Petit Rocher (Figure 9) shows responses to both the first shock on 9 January and to a lesser degree the third shock on 11 January. The

* Earth Physics Branch, Energy Mines and Resources Canada, Ottawa.

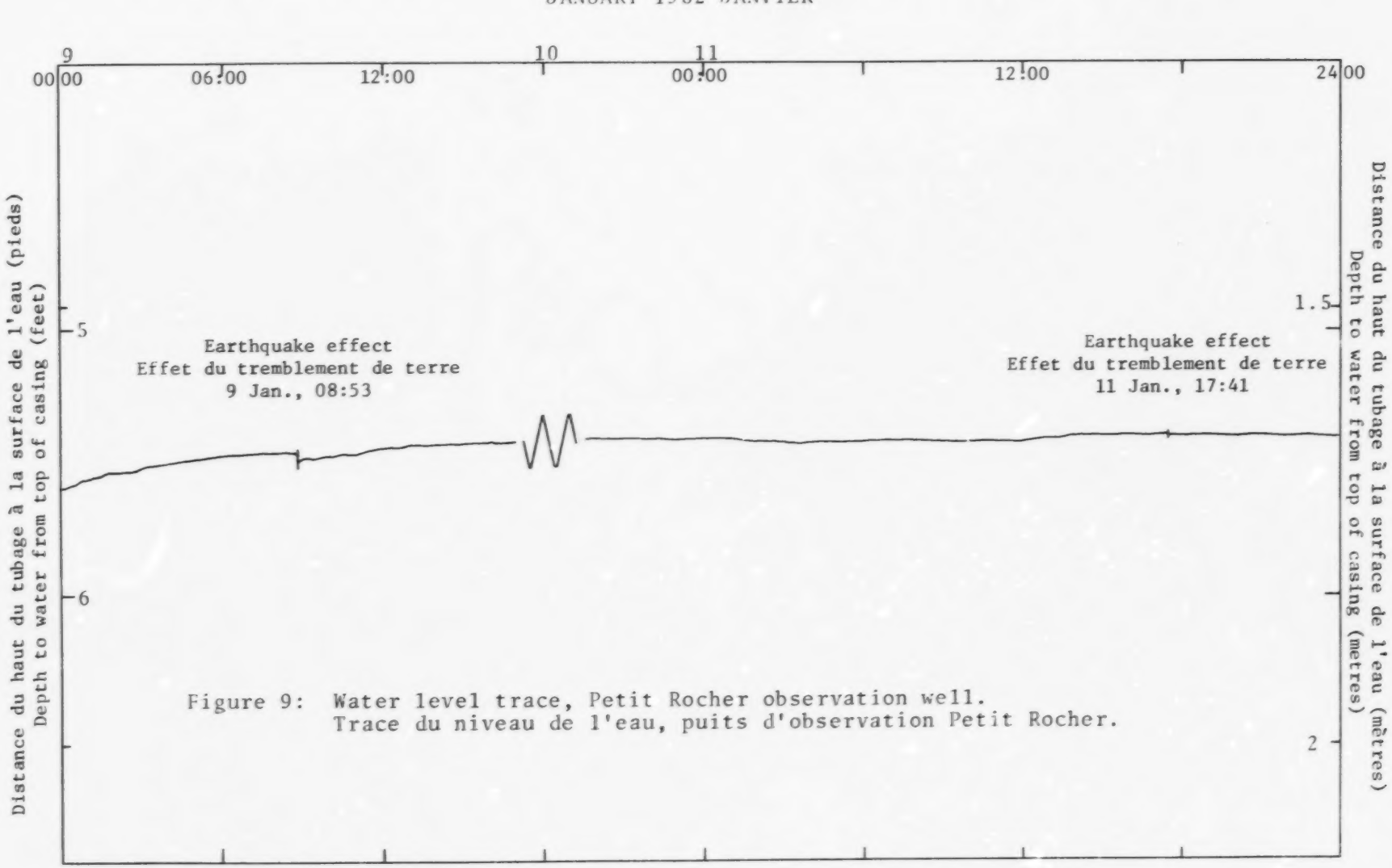


Figure 9: Water level trace, Petit Rocher observation well.
Trace du niveau de l'eau, puits d'observation Petit Rocher.

maximum response on 9 January is less that 2.5cm (1 in), is nearly instantaneous, and the pre-seismic level is resumed within three hours after the event. Response to the 11 January shock is barely detectable. Both of these wells are outside the area of the Pennsylvanian bedrock complex.

Records from several of the numerous observation wells in the Shippegan-Lameque-Caraquet area exhibit responses to the first shock on 9 January and a few also to the 11 January event. In all cases, the response is minor and temporary. Generally, the wells located at topographically low sites near the coast are affected only slightly or not at all, possibly because of an overriding control by sea level.

Comments on Water Level Responses:

The response of well water levels in opposite directions at different locations suggests that the causative mechanism may be the movement of large bedrock blocks relative to one another. In this process, minute movements of the rock blocks would cause opening of some inter-block fractures and concurrent narrowing of fractures at other locations. Water level in a fracture that is suddenly widened would obviously drop, while the opposite water-level response would occur in a fracture that is narrowed. The observed

differential response of observation well levels after the 9 January tremor appears to be consistent with this mechanism. In most cases the response is evident only after the initial tremor on 9 January, probably because this tremor settled the crustal blocks into stable positions and also possibly because this was the largest of the shocks.

Because the process is not known to have caused any significant loss of water from the formation, but only local changes in hydraulic head, the water would tend to seek an equilibrium level after the event has passed, with the water redistributing itself through interconnected fractures. This explains the temporary nature of the water level changes. It may be conjectured that there were probably many private wells that experienced water level increases, as opposed to those that showed declines, but increased levels would go unnoticed except in very rare cases where overflows resulted.

One such case was recorded in the Newcastle newspaper, which documented a long-abandoned small diameter well of unknown depth that began to overflow on the day of the first tremor. The well was promptly plugged with an expandable packer, so it is not known whether the overflow subsequently abated. In addition, the municipal engineer for the Town of Newcastle reported that the Mitchell Street #2 supply

well, that normally has a pumping level about 7.6m (25 ft) below ground level, was measured at only about 2m (6 ft) while pumping, shortly after the 9 January earthquake. As of November 1982, pumping level stood at about 4.3m (14 ft) below surface. The Mitchell Street #2 well is developed in a confined gravel deposit, that is thought to be recharged from bedrock fractures.

It is worth noting here that all the available water level data are from relatively deep observation wells tapping semiconfined water sources. There is no direct recorded evidence of water level behaviour in any shallow, perched-aquifer wells that would be typical of many of the private wells that have experienced problems. It is impossible even to establish whether or not there actually was any instantaneous level response in any of the shallow wells similar to the phenomenon noted in the observation wells.

There has also been suggested, by an independent geological researcher (W.F. Take, pers. comm., April 1982), the development of a pre-seismic tectonic "bulge" in the earth's crust in the region experiencing dry wells. This could be taken as a mechanism for providing stresses that would cause dilation and constriction of fractures and joints which would affect water levels locally. It is felt that the presently available data are insufficient in terms of both quantity and quality to allow either acceptance or total

rejection of this hypothesis.

Timing of Dry Well Occurrences, and Implications:

For cases where information on the dry wells surveyed was adequate that a date could be assigned to the "drying up" event, or to the earliest instance when a water shortage was noticed by the well owner, this information was plotted on a histogram (Figure 10). This sample of 79 data points represents a little more that 1/3 of the total number of dry wells reported.

The distribution of dates when wells dried up is apparently trimodal, the primary mode occurring in the 1-4 February period. The median position is 5 February and secondary modes are evident in the 10-14 February and 25-28 February periods. These secondary modes may have limited validity, as they are influenced by the non-specific manner of reporting the phenomenon (i.e. "2 weeks ago", or "1 month ago", relative to the survey date of 11 March). The primary mode appears to be largely independent of this reporting bias, and is therefore more significant.

It is evident, then, that relatively few wells (4) went dry in the five day period immediately following the 9 January earthquake, that a larger but roughly constant number went dry during each of the three subsequent five day periods up

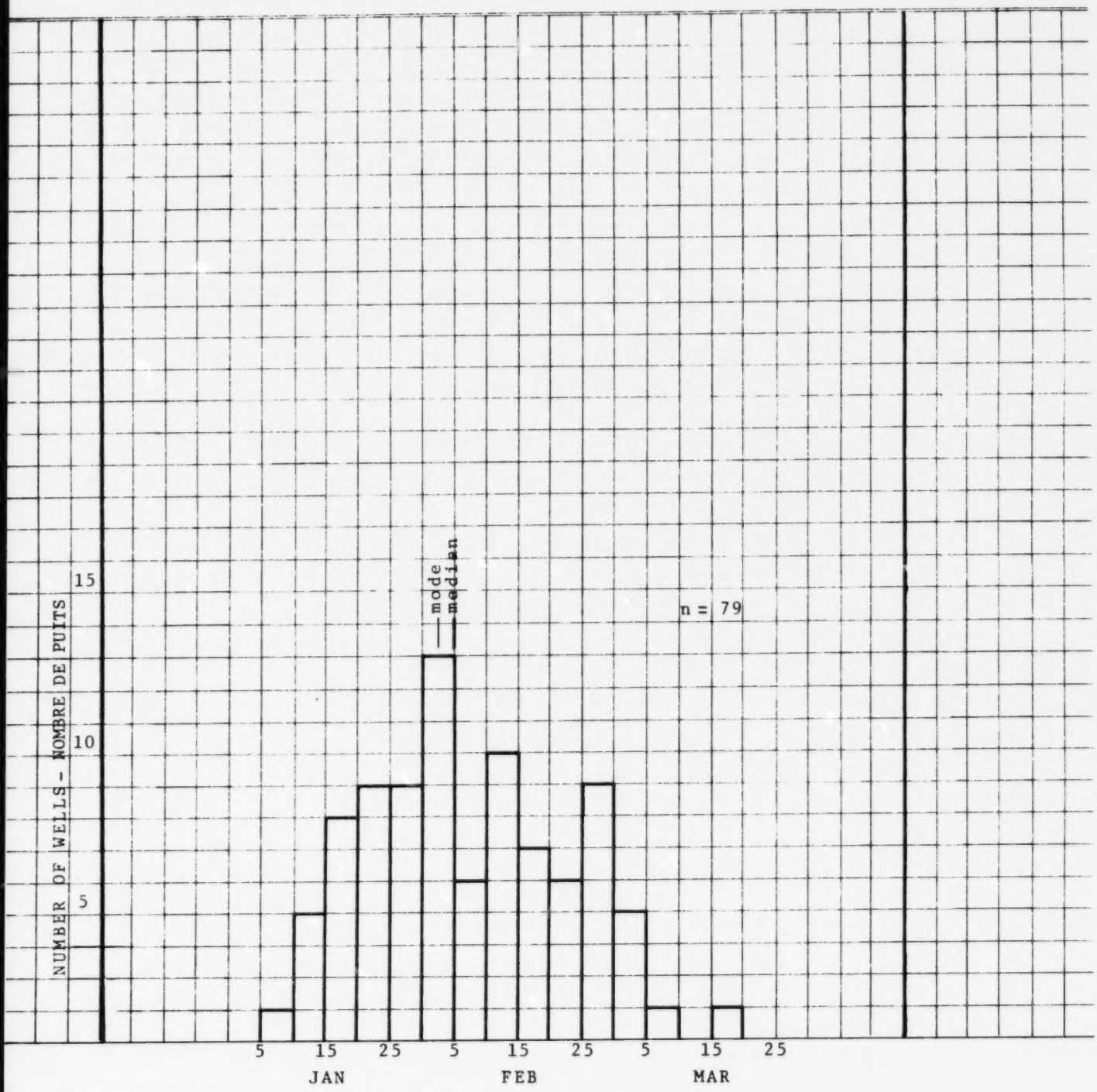


Figure 10 : Time-frequency plot of dry well occurrences in northeastern New Brunswick, winter 1982.

Graphique de la fréquence-temps de l'occurrence des puits secs, Nouveau-Brunswick nord-est, hiver 1982.

to 31 January, and that a significant peak in the frequency of wells drying up occurred in the 1-4 February period, about $3\frac{1}{2}$ weeks after the earthquake. In addition, a substantial number of wells continued to go dry up until the first week of March. Few wells went dry after this time firstly because groundwater levels tend to stabilize at a low point in late winter as the potential for discharge decreases with falling head, and secondly because recharge input into the vulnerable upper aquifer probably begins by early-to mid-March in most years.

Considering the broad temporal distribution of the data on the "drying-up" event in the various wells, it is difficult to rationalize this phenomenon as being totally or even largely a result of the 9 January earthquake. The earthquake certainly had short-term effects on the levels of some observation wells, which exhibited instantaneous level response with a duration of 4 to 6 days. The maximum effect was noted in the Chatham Industrial Park well, which dropped by 1.7m (5.5 ft) in 5 days after the tremor. This figure includes the normal level decrease that was under way, so the earthquake effect might be more reasonably quantified at about 1.4 to 1.5m (4.5 to 5 ft). The average effect considering all observed wells appears to be more like 0.9m (2.8ft). A level change of this magnitude is not likely to be the sole cause of the problems that have been evident. No relationship of the drying-up phenomenon to any of the

aftershocks can be rationalized because none of the aftershocks have had any great effect on the observation wells.

The most plausible explanation of the phenomenon is that, considering the nature of the winter, most of the problem wells would likely have experienced unusually low water levels even in the absence of seismic activity. The cumulative result of the earthquake effect added to the winter drought effect may have triggered the problem in a small fraction of the cases and may also have promoted the onset of the dry well phenomenon at a somewhat earlier date than would otherwise have prevailed. It is felt, however, that the major causative factor behind the dry well phenomenon is the long-term lack of recharge.

Recovery of Dry Wells:

During the first week of April, reports began appearing in the newspapers of dry wells recovering their water supply. Initial reporting seemed to indicate that this had occurred in response to the magnitude 5.0 earthquake that occurred on 31 March. To investigate this possibility, the Groundwater Section conducted a telephone survey of 23 of the documented problem households (10% of the reported total) in various parts of the Northeastern Peninsula. It was determined that 15 of these wells (65%) had started

producing water again by 15 April. The great majority had recovered between 15 and 30 March, before the occurrence of the 31 March tremor. It is clear that the wells did not recover as a result of the earthquake but because of normal spring recharge effects.

Conclusions:

The wells that experienced water supply problems during the winter of 1982 were mostly much shallower than the provincial average, and many were very small diameter hand-drilled wells. It is concluded that many of the problem wells, although certainly not all, were of substandard or marginal design quality.

Water level fluctuations, both increases and decreases, were evident in several observation wells in northeastern New Brunswick after the 9 January 1982 earthquake. The maximum observed response was a level decrease of about 1.5 m (5ft), while the average response in observation wells was about 0.9 m (2.8ft). These responses took place over a period of up to 7 days after the seismic event. The peak in the frequency of dry well occurrences, however, fell in the 1-4 February period, about 3½ weeks after the earthquake. Because of this timing factor, it is concluded that the earthquake was not the major cause of the dry well occurrences.

The winter of 1982 had average total precipitation, but was consistently cold, resulting in a nearly total lack of rainfall or snow melt. There was no recharge of the groundwater system for over 2½ months, resulting in a hydrological drought. The drought conditions are believed to have been the main cause of low groundwater levels and the primary factor in the dry well phenomenon. The earthquake response may have been a contributing factor in a small fraction of the cases, and may have affected the timing of some dry well occurrences.

As of 15 April 1982, nearly all the problem wells had recovered to a usable state. At the time of a late review of this manuscript in mid-February 1983, no complaints had been received of dry wells recurring, so it is concluded that no permanent problem has been created.

Recommendations:

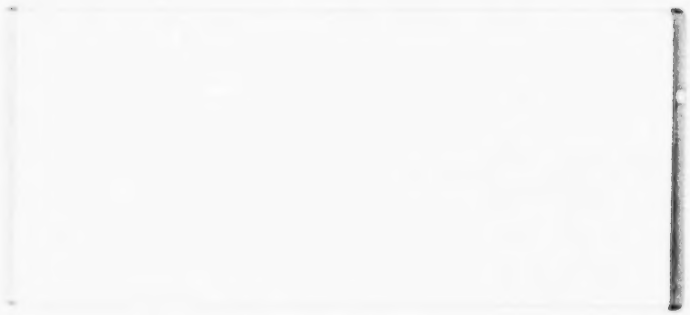
Because of the observation that many of the wells experiencing temporary water supply problems were of marginal design quality, it is recommended that all new water wells be constructed in such a manner that they have a reasonable extra reserve capacity in case of adverse conditions. Specifically both drilled and dug wells should conform strictly to the specifications set out in the Water Well Regulation (Reg. 78-4 under the Clean Environment Act, O.C. 78-65).

Some instances were noted where pumping set-ups simply were not capable of drawing water that was available at greater depths in existing well bores despite the unusually low static water level. It is recommended that pumping installations in new wells be designed to have the capability to use the full potential of the well.

Assessment of the proportioning of blame for low groundwater levels between the drought conditions and the earthquake is very much subjective. Some insight into the question of whether or not the earthquake caused a net loss of water from the groundwater system might be gained by the documentation of any abnormalities in surface water outflow in the region during the post-seismic period. It is recommended that a study be conducted of surface water flow in gauged streams in northeastern New Brunswick to identify possible excess groundwater effusion in the winter low-flow period of 1982.

Number/
Numéro

2



ENVIRONMENT
NEW BRUNSWICK

ENVIRONNEMENT
NOUVEAU-BRUNSWICK

CASIER POSTAL / P.O. BOX 6000, FREDERICTON, N.B., CANADA E3B 5H1

ÉTUDE DU RAPPORT ENTRE LE PHÉNOMÈNE DE L'APPARITION DE PUITS À SEC DANS LA RÉGION NORD-EST DU NOUVEAU-BRUNSWICK EN HIVER 1982, ET LES SÉISMES DE LA MIRAMICHI

RAPPORT DU MINISTERE T-8303

R. A. BRINSMEAD

JANVIER 1983

Section des eaux souterraines
Direction des ressources en eau
Ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick

RÉSUMÉ

Au début du mois de février 1982, le ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick a commencé à recevoir des rapports l'informant que certains puits d'eau dans la région située principalement au nord-est de la ville de Newcastle étaient en train de se tarir. On a également attribué ce phénomène au séisme d'une intensité de 5,7 sur l'échelle Richter qui s'est produit le 9 janvier 1982. Le présent rapport tentera d'évaluer les causes possibles de ce phénomène.

On a effectué une étude des conditions météorologiques ainsi que des fluctuations du niveau de la nappe phréatique dans un certain nombre de puits d'observation. Les données météorologiques pour l'hiver indiquaient un niveau moyen de précipitation, mais la température froide constante, ne permettant pas de dégel, a causé une sécheresse hydrologique, empêchant toute alimentation en eau souterraine pendant plus de 2½ mois. Parmi les sept puits d'observation étudiés, quatre ont indiqué des diminutions rapides du niveau de la nappe phréatique après le séisme, deux ont indiqué des augmentations rapides du niveau de la nappe phréatique et un autre ne semble avoir subi aucune influence. Ces observations suggèrent que les fluctuations de la nappe phréatique sont probablement de nature temporaire, puisque le niveau d'eau est retourné à sa valeur prévisible dans les sept jours suivant le séisme.

Selon les statistiques sur les dates de "sécheresse" des puits, ce problème n'est survenu dans la période de cinq jours suivant immédiatement le séisme du 9 janvier que dans seulement 5 % des cas de puits à sec rapportés. Pour toutes les autres périodes de cinq jours écoulées jusqu'à la fin de l'hiver, le plus grand nombre de problèmes de puits à sec a été enregistré au cours de la période du 1er au 4 février, soit environ 3½ semaines suivant le premier séisme. Les grands intervalles de temps écoulés entre chaque incident permettent de croire que la principale cause de sécheresse des puits est reliée à un mécanisme progressif, sans doute le manque d'alimentation en eau entraînant des conditions de sécheresse prolongées, plutôt qu'à une cause unique comme le séisme. On reconnaît que les effets du séisme auraient pu être le facteur crucial qui a déclenché ce problème dans un petit nombre de puits accusant déjà de faibles niveaux d'eau, ou qu'ils auraient pu déterminer la période de la "sécheresse" dans d'autres cas. Presque tous les puits étaient à nouveau en état d'utilisation vers le milieu d'avril 1982.

ÉTUDE DU RAPPORT ENTRE LE PHÉNOMÈNE DE L'APPARITION DE PUITS À SEC DANS LA RÉGION DU NORD-EST DU NOUVEAU-BRUNSWICK ET LES SÉISMES SURVENUS EN HIVER 1982 DANS LA MIRAMICHI

Au début du mois de février 1982, la Direction des ressources en eau du ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick a commencé à recevoir des rapports l'informant que des puits d'eau étaient en train de se tarir, principalement dans la région située au nord et à l'est de Newcastle, dans le nord du Nouveau-Brunswick (Figure 1). À la fin du mois de mars, un total d'environ 220 cas avaient été documentés.

De nombreuses personnes ont attribué ce phénomène aux séismes survenus les 9 et 11 janvier au Nouveau-Brunswick. La Section des eaux souterraines de la Direction des ressources en eau a maintenu que ce problème découlait surtout des niveaux d'eau souterraine qui sont demeurés en-dessous de la moyenne à cause de la très faible alimentation en eau enregistrée dans la région affectée au cours de l'hiver 1982. La possibilité d'effets complémentaires causés par les séismes n'a toutefois pas été éliminée.

Le présent rapport est le résultat d'une étude de la situation jusqu'à la mi-avril 1982. Les interprétations sont provisoires et peuvent être modifiées ou élaborées au fur et à mesure que des données supplémentaires sont compilées.

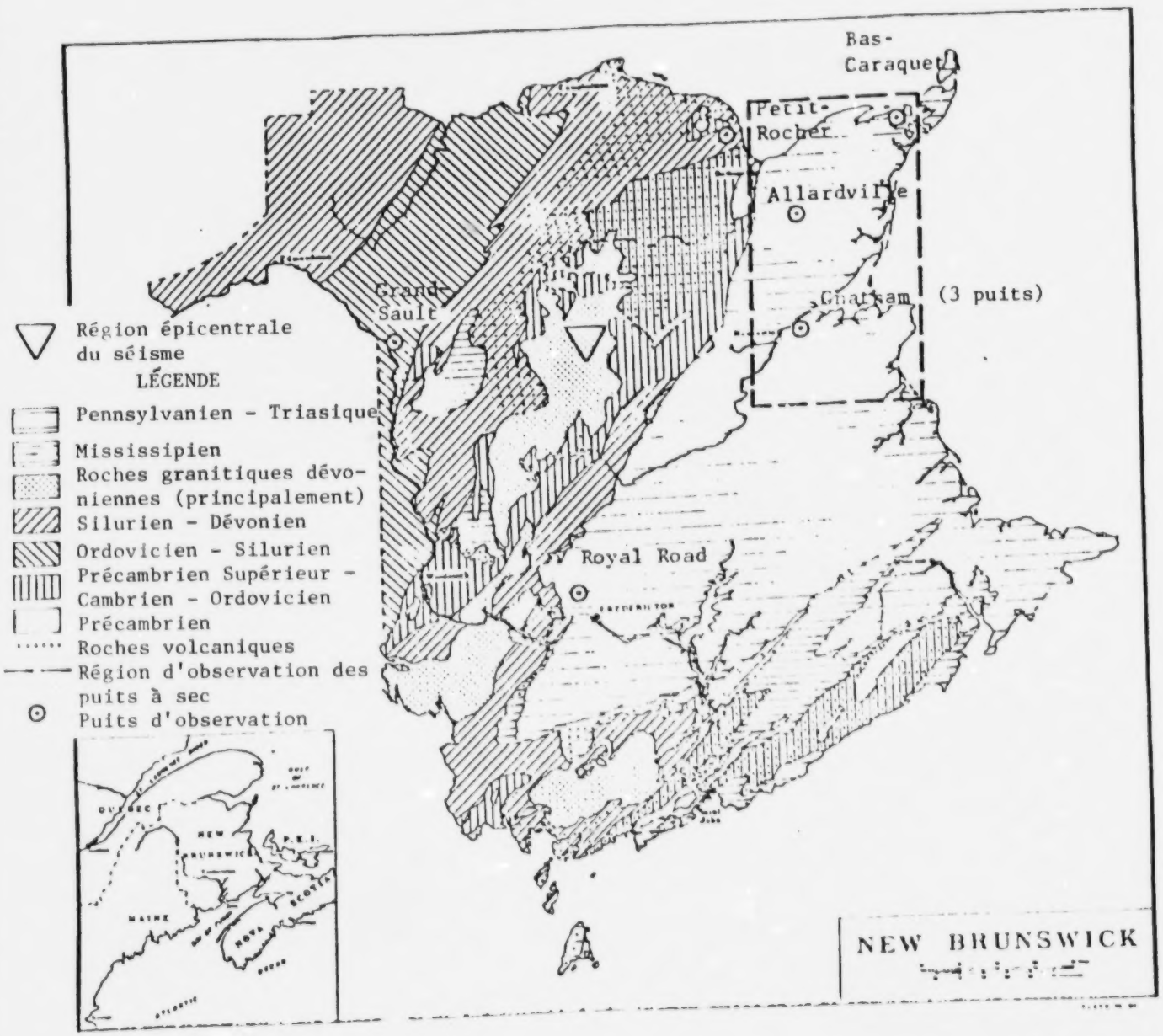


FIGURE I: Location Reference Map and Generalized Geology
Carte référence de l'endroit et géologie d'ensemble

Données météorologiques:

Puisque le système d'eau souterraine est alimenté par l'eau s'infiltrant depuis la surface terrestre, les conditions météorologiques ont nécessairement un effet important sur l'alimentation en eau souterraine et par conséquent sur les niveaux d'eau dans les puits.

Bien que l'on ait enregistré un taux moyen de précipitation au cours de l'hiver 1982, très peu de pluie est tombée en raison de la température constamment froide. Aucune fonte n'a été enregistrée avant la deuxième semaine de mars. À titre d'exemple, la Figure 2 présente les températures moyennes quotidiennes et le taux de précipitation de pluie total quotidien enregistrés à Chatham, N.-B. Les données pour Bathurst et Little River Mines sont semblables.

Les compilations de Chatham indiquent que la dernière occasion favorable à l'alimentation en eau souterraine s'est présentée au cours des deux premières semaines de décembre 1981, lorsque la pluie est tombée à des températures au-dessus de 0°C sur des terrains recouverts de peu ou pas de neige. À partir du 16 ou 17 décembre et jusqu'à la fin de mars, les chutes de pluie ont été négligeables et probablement facilement absorbées par la couverture de neige. Entre le 16 décembre et le 12 mars, aucune journée n'a enregistré des températures moyennes supérieures à 0°C; par conséquent, aucun dégel important n'a permis la pénétration d'eau dans la couverture de neige pour atteindre la

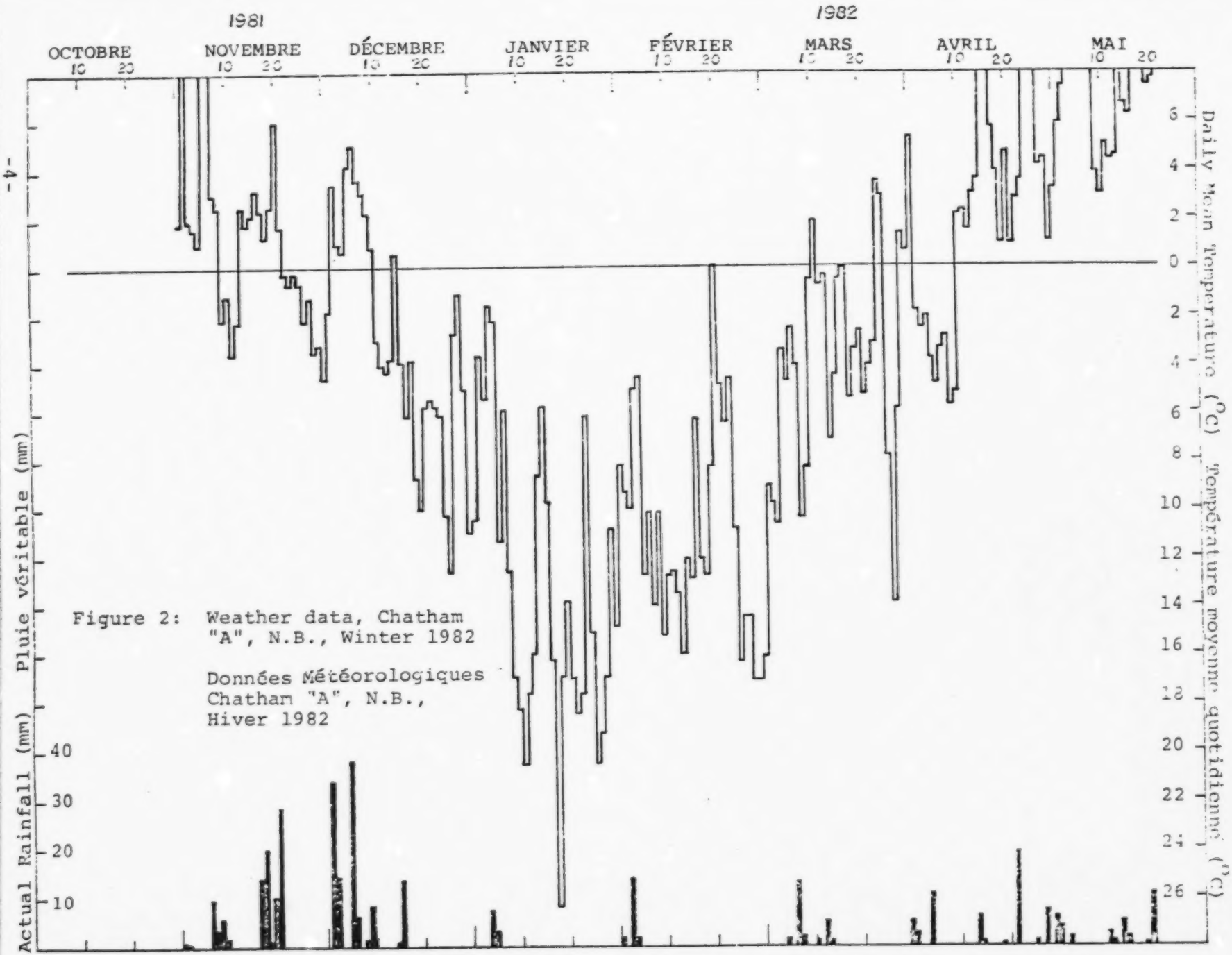


Figure 2: Weather data, Chatham "A", N.B., Winter 1982

Données Météorologiques Chatham "A", N.B., Hiver 1982

surface du sol. Il est donc raisonnable de conclure qu'il n'y a pas eu d'alimentation en eau depuis la fin décembre 1981 jusqu'à environ la fin de la première semaine de mars 1982, ce qui a entraîné une sécheresse hydrologique au cours de cette période. Cette situation fait contraste avec celle des dernières années, alors qu'il se produisait habituellement un dégel important, accompagné de chutes de pluie, durant les mois de janvier et de février.

Les événements sismiques:

Le 9 janvier 1982, à 08h53 (Heure normale de l'Atlantique), un séisme d'une intensité de 5,7 sur l'échelle Richter a été enregistré dans la région située au nord-est de Jacks Lake, dans la partie centrale éloignée du Nouveau-Brunswick, à environ 80 km à l'ouest de Newcastle (Figure 1). L'épicentre était situé à une latitude de 47,0° nord et à une longitude de 66,6° ouest. À 12h36 la même journée, une réplique sismique d'intensité 5,1 a été enregistrée, et une autre réplique sismique importante de 5,4 s'est produite à 17h41 le 11 janvier. À 17h02 le 31 mars 1982, une secousse sismique d'intensité 5,0 a été ressentie au nord-est du Nouveau-Brunswick, et l'épicentre était encore une fois situé dans la région de Jacks Lake. D'autres chocs sismiques ont été ressentis à 09h50 le 2 avril (4,2), à 14h00 le 11 avril (4,0), à 18h47 le 18 avril (3,8) et à 12h28 le 6 mai (3,9).

Cette série de séismes constitue les plus grandes secousses sismiques qui se sont produites au Nouveau-Brunswick

depuis 60 ans, et représente donc une force inhabituelle pour le niveau de la nappe d'eau souterraine. On se réfère aux "séismes de la Miramichi" lorsqu'on parle de cette série de secousses sismiques.

Contexte géologique:

La région nord-est du Nouveau-Brunswick se caractérise par deux divisions géomorphologiques (Figure 1). La région des Hautes Terres du Nouveau-Brunswick, située à l'ouest d'une ligne s'étendant vers le sud depuis Bathurst, comporte des roches sédimentaires et volcaniques pré-carbonifères, faiblement à moyennement métamorphisées, recoupées d'intrusions de roches granitiques dévoniennes. L'épicentre des séismes de la Miramichi se trouvait dans la masse de roche granitique.

La région géomorphologique des Plaines Maritimes, située à l'est des Hautes Terres, est composée de grès, conglomérat, microgrès, siltstone et shale interstratifiés relativement non déformés, datant principalement du Pennsylvanien (carbonifère). Ces dépôts recouvrent en discordance les plus vieilles roches sédimentaires métamorphisées. Pratiquement tous les puits taris se trouvent dans ce complexe sédimentaire pennsylvanien.

Statistiques sur les puits à sec:

La profondeur moyenne des 10 000 puits enregistrés au Nouveau-Brunswick est de 35 mètres (115 pieds). D'une manière générale, on trouve plus facilement de bons débits d'eau

(de 0,2 à 2,01/sec) dans les couches pennsylvaniennes que dans les roches sédimentaires métamorphisées dures de la région des Hautes Terres. La nappe phréatique est également plus rapprochée de la surface dans les roches pennsylvaniennes. Tous les 113 puits à sec pour lesquels nous disposons de données fiables sont moins profonds que la moyenne des puits de la province, à l'exception de deux. Environ 75 % ont une profondeur de moins de 23 mètres (75 pieds) et plus de 60 % ont une profondeur variant entre 3 et 17 mètres (10 et 55 pieds) (voir la Figure 3).

La présence d'eau souterraine peu profonde dans les roches pennsylvaniennes est probablement due à une nappe phréatique présente dans la roche fissurée et emprisonnée par le microgrès semi-imperméable, le siltstone et le shale interstratifiés ou les masses lenticulaires. Les niveaux d'eau de tels systèmes sont exceptionnellement susceptibles à des conditions d'alimentation en eau extrêmement faibles et risquent d'être épuisés non seulement par l'extraction de l'eau dans les puits, mais aussi par la fuite vers le bas pouvant se produire dans les petites fissures dans le shale des niveaux inférieurs. Ces fuites ont tendance à atténuer les abaissements de la nappe phréatique dans les couches aquifères plus profondes, les rendant sans doute plus résilientes dans des conditions de sécheresse. On ne rencontre probablement pas souvent ce type de nappe phréatique retenue dans les roches sédimentaires métamorphisées pré-carbonifères qui sont fissurées plus uniformément; ainsi, les approvisionnements

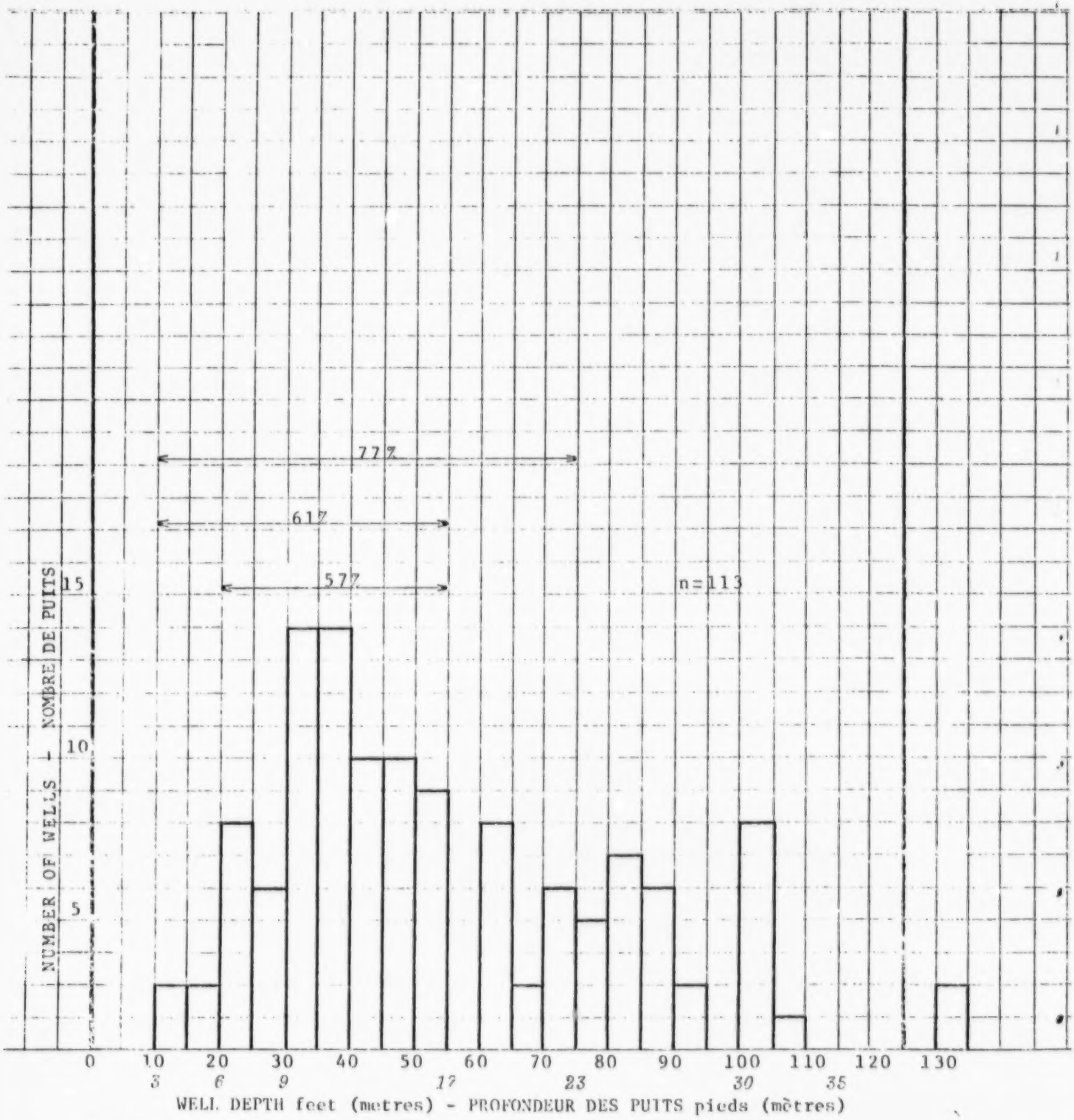


Figure 3 : Depth-frequency plot of dry wells, winter 1982
Allardville, Lagacéville, Newcastle-Chatham regions
Graphique de la fréquence - profondeur des puits secs, hiver 1982

d'eau provenant des roches pré-carbonifères sont généralement moins temporaires que certains des approvisionnements provenant des roches pennsylvaniennes peu profondes.

Un nombre considérable des puits présentant un problème sont très peu profonds ou possèdent un très petit diamètre (3 à 5 cm (1 1/4 à 2 po)), ou les deux. Les pompes aspirantes utilisées habituellement dans les puits peu profonds n'aspirent l'eau qu'à une profondeur d'environ 7,5 mètres (25 pieds); l'abaissement de la nappe phréatique à une plus grande profondeur entraîne le malfonctionnement de l'équipement de pompage et une condition de sécheresse apparente alors que la couche aquifère n'est aucunement tarie. Les puits de petit diamètre ont un autre inconvénient: ils ne permettent qu'une très petite réserve d'eau par unité de profondeur. Par exemple, un puits d'un diamètre de 3 cm (1 1/4 po) renferme environ 2,5 litres d'eau par mètre de profondeur tandis qu'un puits d'un diamètre de 15 cm (6 po) en renferme 17,7 litres. Par conséquent, ces puits sont très susceptibles à des problèmes même lorsque le niveau d'eau statique ne baisse pas en-dessous du clapet de pied; l'abaissement rapide de la nappe phréatique depuis un niveau statique plus bas que d'habitude risque d'entraîner la cavitation du clapet de pied et le désamorçage de la pompe. Au cours de l'hiver 1982, certaines gens ont résolu leurs problèmes en descendant simplement le clapet de pied par l'ajout d'une longueur supplémentaire de tuyau de montée, opération qui a eu pour effet d'éliminer la perte d'amorçage.

Dans le présent rapport, la majorité des données compilées sur les puits à sec proviennent en réalité de puits qui ne donnaient plus d'eau et pour lesquels, dans de nombreux cas, on utilisait très souvent le mot "à sec" alors qu'il ne s'agissait que d'une baisse du niveau d'eau. Souvent, le problème peut être corrigé à un coût moindre et avec peu d'efforts. Dans bon nombre de ces cas, le puits pourrait probablement assurer un approvisionnement d'eau adéquat si l'installation de pompage était conçue en fonction de la capacité du puits.

Enregistrements des niveaux d'eau dans les puits d'observation:

Le ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick enregistre continuellement les niveaux d'eau de plusieurs puits d'observation dans la région nord-est de la province, notamment à Chatham, Allardville, Petit-Rocher et dans la région de Shippagan-Lamèque, ainsi que dans d'autres régions de la province (Figure 1). De plus, Environnement Canada maintient un puits d'observation à Chatham dans lequel on a observé une réaction lors du séisme.

La période de l'automne 1981 a enregistré de bonnes précipitations, ce qui a entraîné le réapprovisionnement des puits d'observation après un été très sec. La période d'enregistrement des données de la plupart de ces puits est trop courte pour permettre de tracer un graphique normal fiable, mais la plupart des puits d'observation ont enregistré des niveaux

plus élevés au cours des mois de novembre et décembre 1981 qu'au cours de la même période de 1980. Cependant, tandis que les niveaux étaient à la hausse au cours de cette période de 1980, les niveaux de plusieurs puits sont demeurés statiques jusqu'à la fin de 1981, et dans quelques endroits critiques, ont baissé légèrement. L'automne, la saison la plus propice à l'augmentation des niveaux d'eau souterraine, était terminé et la période hivernale de diminution des niveaux d'eau était déjà commencée vers Noël. Tel que noté dans la section portant sur les données météorologiques, les conditions météorologiques depuis la mi-décembre 1981 jusqu'au début de mars 1982 empêchaient toute alimentation en eau.

Pendant un peu plus de trois semaines précédant le séisme du 9 janvier, le niveau d'eau dans le puits d'observation d'Allarville a baissé d'une manière assez régulière, au rythme d'environ 2 à 2,5 cm (3/4 à 1 po) par jour (Figure 4). On a observé une réaction immédiate lors du séisme du 9 janvier à 08h53, et le niveau d'eau a baissé d'environ 0,8 m (2,7 pi) dans les 16 heures suivant le choc initial. Aucun effet n'a été observé suite à la secousse sismique qui s'est produite la même journée à 12h36; ceci est en partie dû au tracé presque vertical déjà enregistré. La pente du tracé a commencé à s'atténuer tard dans la journée du 9 janvier. Très tôt le matin du 10 janvier, le câble de l'enregistreur est tombé de la poulie, empêchant ainsi l'enregistrement continu pour le reste du mois.

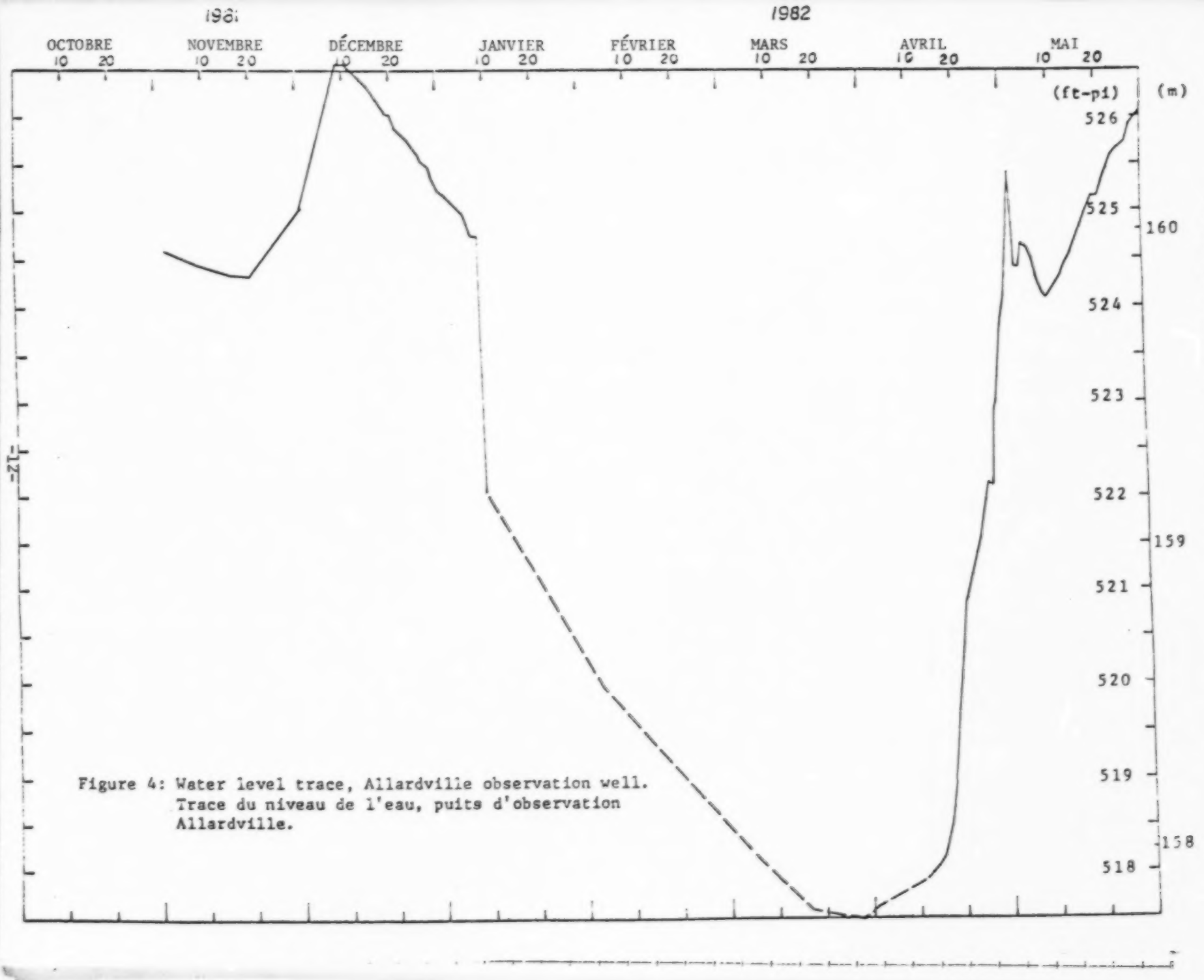


Figure 4: Water level trace, Allardville observation well.
Trace du niveau de l'eau, puits d'observation Allardville.

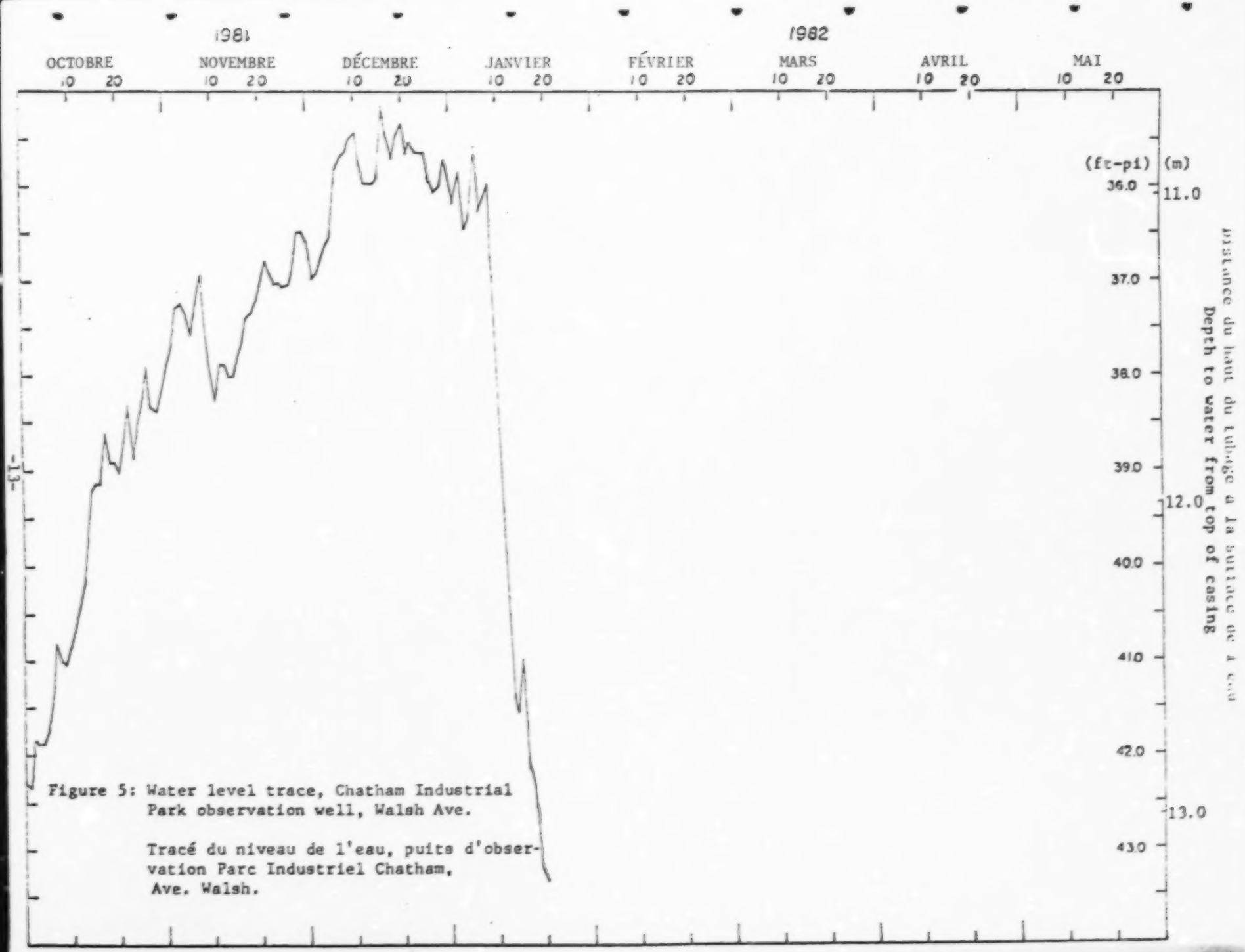


Figure 5: Water level trace, Chatham Industrial Park observation well, Walsh Ave.

Tracé du niveau de l'eau, puits d'observation Parc Industriel Chatham, Ave. Walsh.

Au cours des trois semaines précédant le séisme, le niveau d'eau dans le puits d'observation du parc industriel de Chatham (Figure 5) a baissé légèrement, avec quelques petites oscillations. Encore une fois, on a observé une réaction au choc initial du 9 janvier, ainsi qu'une augmentation à court terme du niveau d'eau d'environ 2,5 cm (1 po); on observe ensuite les diminutions suivantes: environ 0,3 m (1 pi) dans un peu plus de trois heures, environ 0,6 m (2 pi) au bout d'une journée et un total de 1,1 m (3,5 pi) au bout de deux jours.

1982

Le niveau d'eau a continué de baisser à un rythme plus lent jusqu'au matin du 14 janvier, soit cinq jours après la secousse sismique initiale; le niveau d'eau avait alors chuté d'un peu plus de 1,7 m (5,5 pi) en tout. Le niveau a ensuite augmenté d'environ 15 cm (6 po), après quoi il a recommencé à descendre à un rythme moyen plus faible, pour atteindre un niveau d'environ 2,3 m (7,5 pi), soit un niveau plus bas que celui enregistré avant le séisme du 21 janvier. À cette date, le flotteur de l'enregistreur s'est apparemment accroché à un obstacle dans le puits et il n'a flotté à nouveau que pour une courte période le 24 janvier, en raison d'une augmentation temporaire du niveau d'eau. Entre cette date et l'inspection du 1er avril, le niveau d'eau est demeuré inférieur au niveau de l'obstacle et aucun enregistrement n'a été effectué. On est d'avis que tout abaissement observé suite à la hausse enregistrée les 13 et 14 janvier reflète la cause des mauvaises conditions d'alimentation; ceci limite donc la portion de la diminution du niveau d'eau attribuable au séisme à un maximum de 1,7 m (5,5 pi) sur une période de cinq jours.

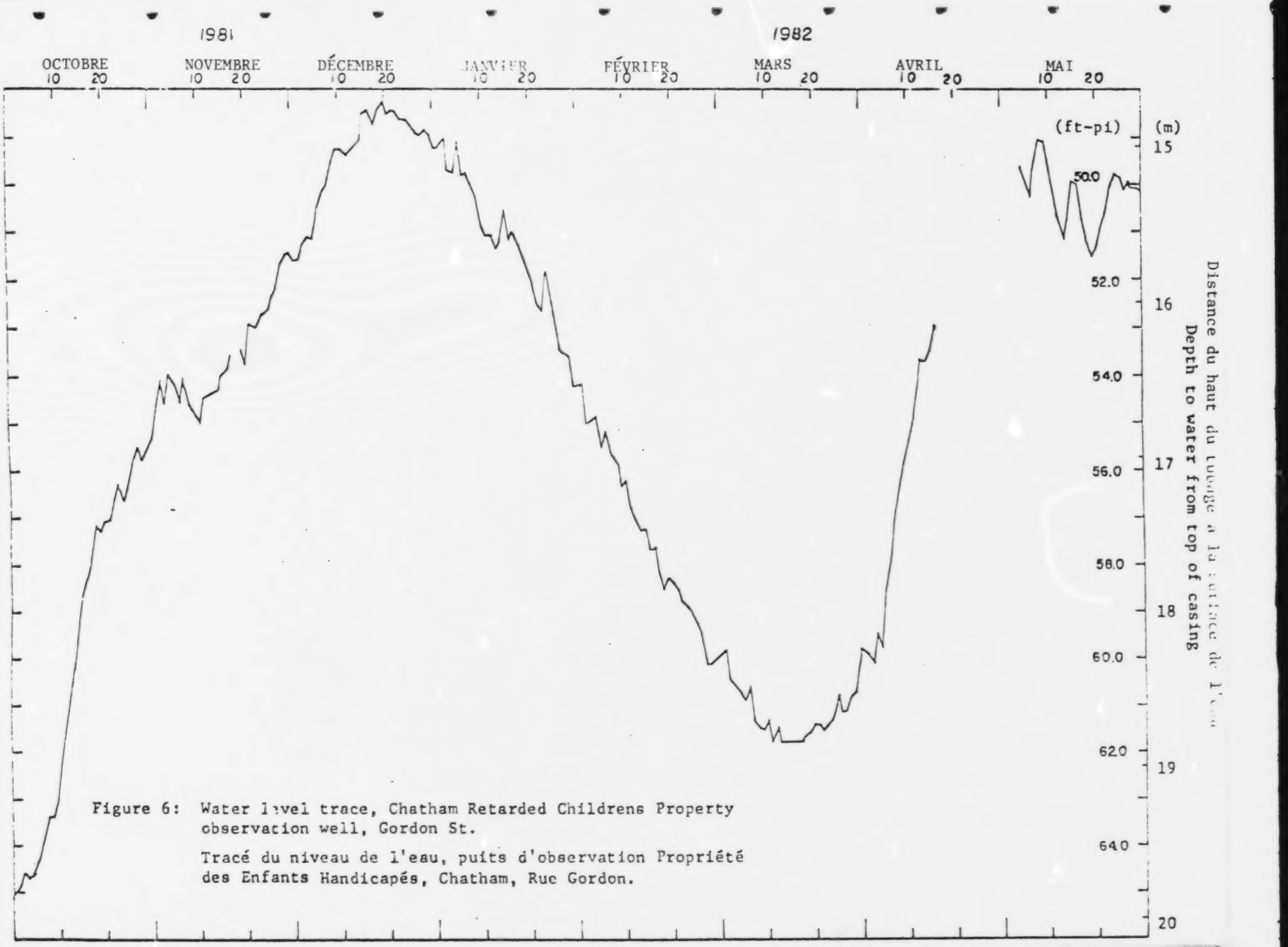


Figure 6: Water level trace, Chatham Retarded Childrens Property observation well, Gordon St.

Tracé du niveau de l'eau, puits d'observation Propriété des Enfants Handicapés, Chatham, Rue Gordon.

Le puits d'observation, sur la propriété des enfants déficients mentaux de Chatham (Figure 6), situé à environ 2,5 km à l'ouest du puits du parc industriel et à peu près à la même élévation, a montré un comportement similaire, mais on a observé un abaissement de seulement 0,3 m (1 pi) durant les 15 heures suivant la secousse initiale; par la suite, l'enregistrement s'est stabilisé presque complètement, baissant en tout de seulement 0,5 m (1,5 pi) après 5 jours et indiquant ensuite une hausse d'environ 0,25 m (0,8 pi) les 14 et 15 janvier. Après ce temps, à cause du manque d'alimentation en eau, l'abaissement graduel a recommencé. L'effet du séisme est probablement limité à la baisse maximale de 0,5 m (1,5 pi) enregistré au 14 janvier.

Tous les puits mentionnés ci-dessus indiquent un effet provoqué au moins par le séisme initial du 9 janvier dans le changement des niveaux d'eau souterraine. Cependant, puisque l'influence du séisme et le manque d'alimentation en eau ont tous deux tendance à abaisser le niveau de la nappe phréatique, il est impossible d'identifier l'importance d'un effet par rapport à l'autre. L'enregistrement d'un puits d'observation supplémentaire est donc nécessaire afin d'arriver à une conclusion, quoique provisoire.

Le puits d'observation d'Environnement Canada à Chatham (Figure 7) a enregistré un abaissement graduel depuis la mi-décembre 1981 environ jusqu'à l'événement du séisme le 9 janvier 1982. Le 9 janvier marque la date d'observation de la

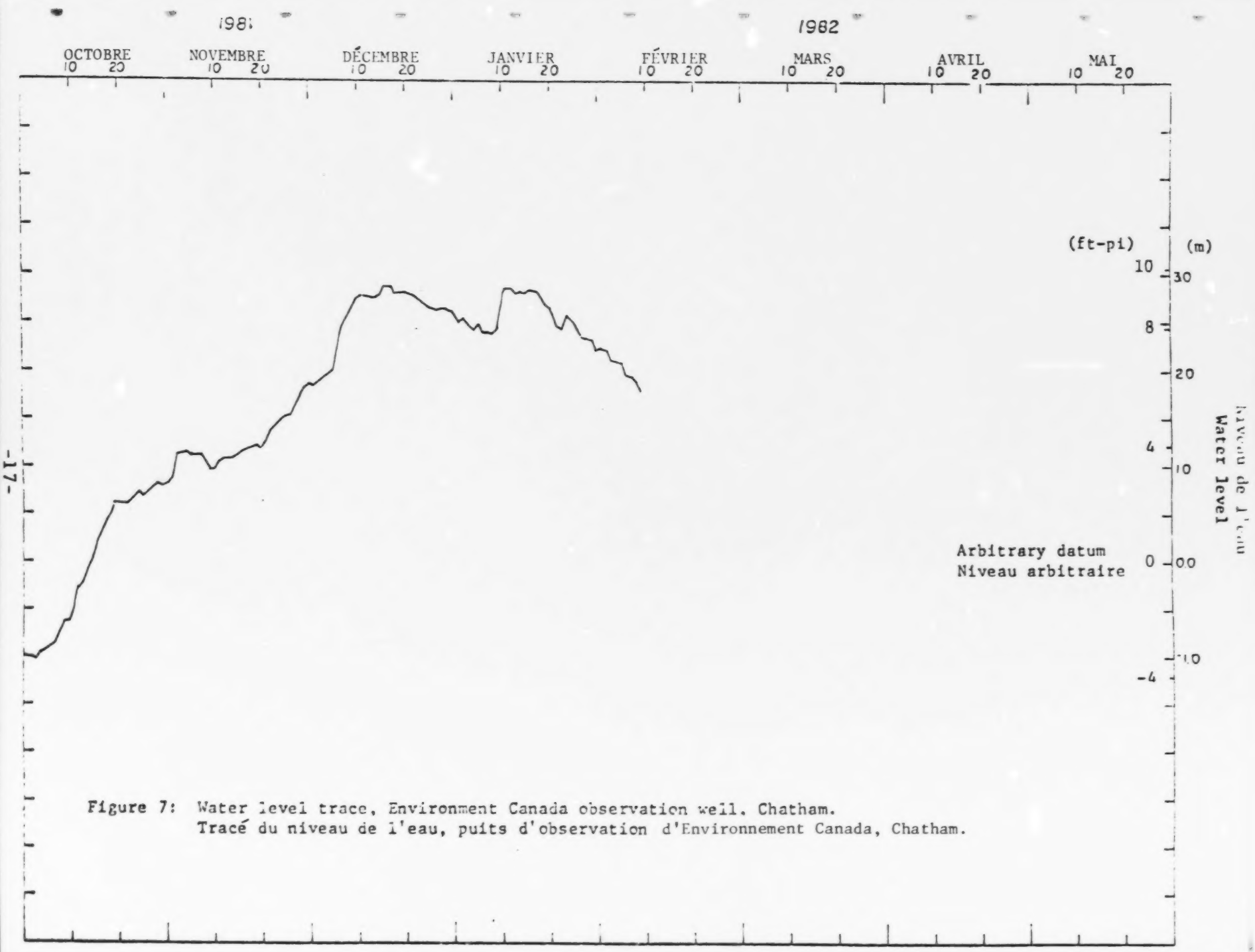


Figure 7: Water level trace, Environment Canada observation well, Chatham.
Tracé du niveau de l'eau, puits d'observation d'Environnement Canada, Chatham.

première réaction importante dans le niveau d'eau, résultant en une augmentation du niveau de la nappe phréatique d'environ 0,4 mètre (16 pouces) le 11 janvier; cette augmentation s'est produite en grande partie dans les 24 heures suivant la première secousse sismique. Le tracé s'est ensuite stabilisé, et après le 15 janvier, un abaissement assez régulier a recommencé à un rythme un peu plus rapide qui celui enregistré avant les secousses sismiques. Ce rythme accru concorde avec les conditions de sécheresse prolongées. Les indications de cet enregistrement sont les suivantes: (a) L'effet du séisme sur les niveaux d'eau souterraine a été temporaire et la réaction la plus importante n'a duré qu'environ 1 à 2 jours. (b) Le tracé stable du niveau de l'eau entre le 3e et le 6e jour suivant la secousse sismique du 9 janvier indique que l'ajustement du niveau suite à l'événement du séisme s'est poursuivi à un rythme plus lent, ne faisant que contrebalancer l'effet vers le bas causé par le manque d'alimentation en eau. Le rétablissement du niveau d'eau décroissant après le 6e jour indique la fin de "l'effet du séisme". (c) La période au cours de laquelle s'est produit le phénomène de réaction au séisme concorde avec la période des points de rupture (pente modérée) dans les graphiques des niveaux des autres puits.

On a également étudié un certain nombre d'autres enregistrements des puits de la province. Dans le puits d'observation de Royal Road, situé juste au nord des limites de la ville de Fredericton, on a observé des réactions semblables à

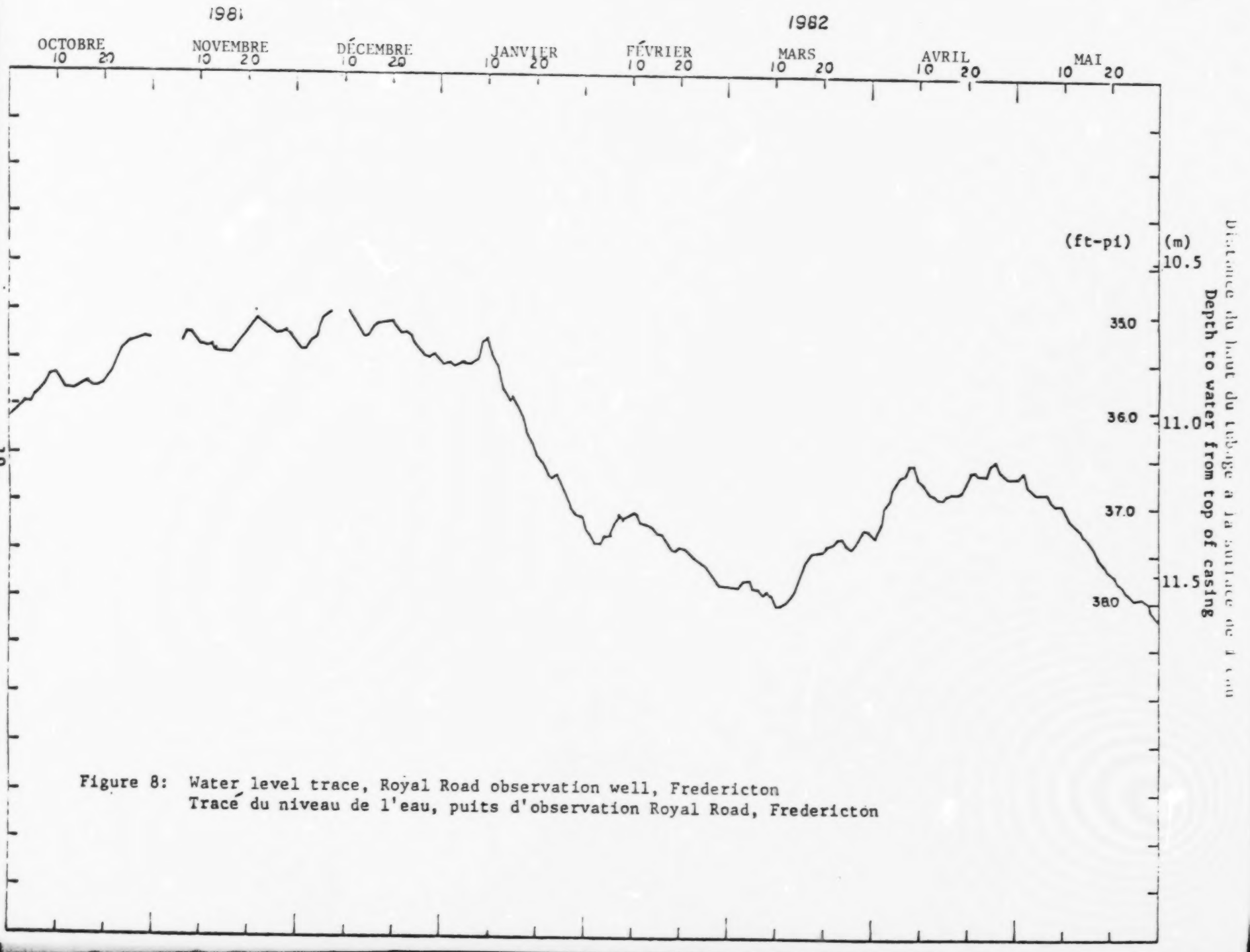


Figure 8: Water level trace, Royal Road observation well, Fredericton
Tracé du niveau de l'eau, puits d'observation Royal Road, Fredericton

celles du puits d'Environnement Canada à Chatham. Le niveau d'eau a diminué presque sans cesse pendant les deux semaines et demie précédant le 9 janvier. Dans les 8 à 12 heures suivant la première secousse sismique, il a augmenté d'environ 9 cm (3½ po) (voir la Figure 8). Tôt le matin le 10 janvier, l'abaissement a repris à un rythme plus rapide jusqu'à ce qu'il soit interrompu par une petite hausse les 14 et 15 janvier; puis, l'abaissement s'est poursuivi à un rythme décroissant jusqu'au 3 février, date à laquelle le niveau d'eau a recommencé à monter. Tout indique encore une fois que l'effet du séisme a été temporaire, avec une durée maximale d'environ cinq jours. L'abaissement total enregistré après le séisme depuis le 10 janvier (effet maximum) au 3 février (effet minimum) a été d'environ 0,7 m (2,2 pi).

Le puits de Royal Road et le puits du parc industriel de Chatham ont tous deux enregistré une faible hausse du niveau d'eau au cours des deux jours précédant la secousse sismique du 9 janvier, observation qui semble ne pas concorder avec le manque d'alimentation en eau. Au cours de cette période, le niveau d'eau a augmenté d'environ 3,2 cm (1,25 po) à Royal Road et de 6,4 cm (2,5 po) au parc industriel de Chatham. Cependant, les tendances principales observées dans la réaction du niveau d'eau ont souvent été interrompues par de petites irrégularités, ce qui permet de croire que les tracés du niveau d'eau peuvent n'avoir aucun rapport avec les pressions enregistrées avant le séisme. "Aux endroits situés près de l'épicentre du séisme, de telles

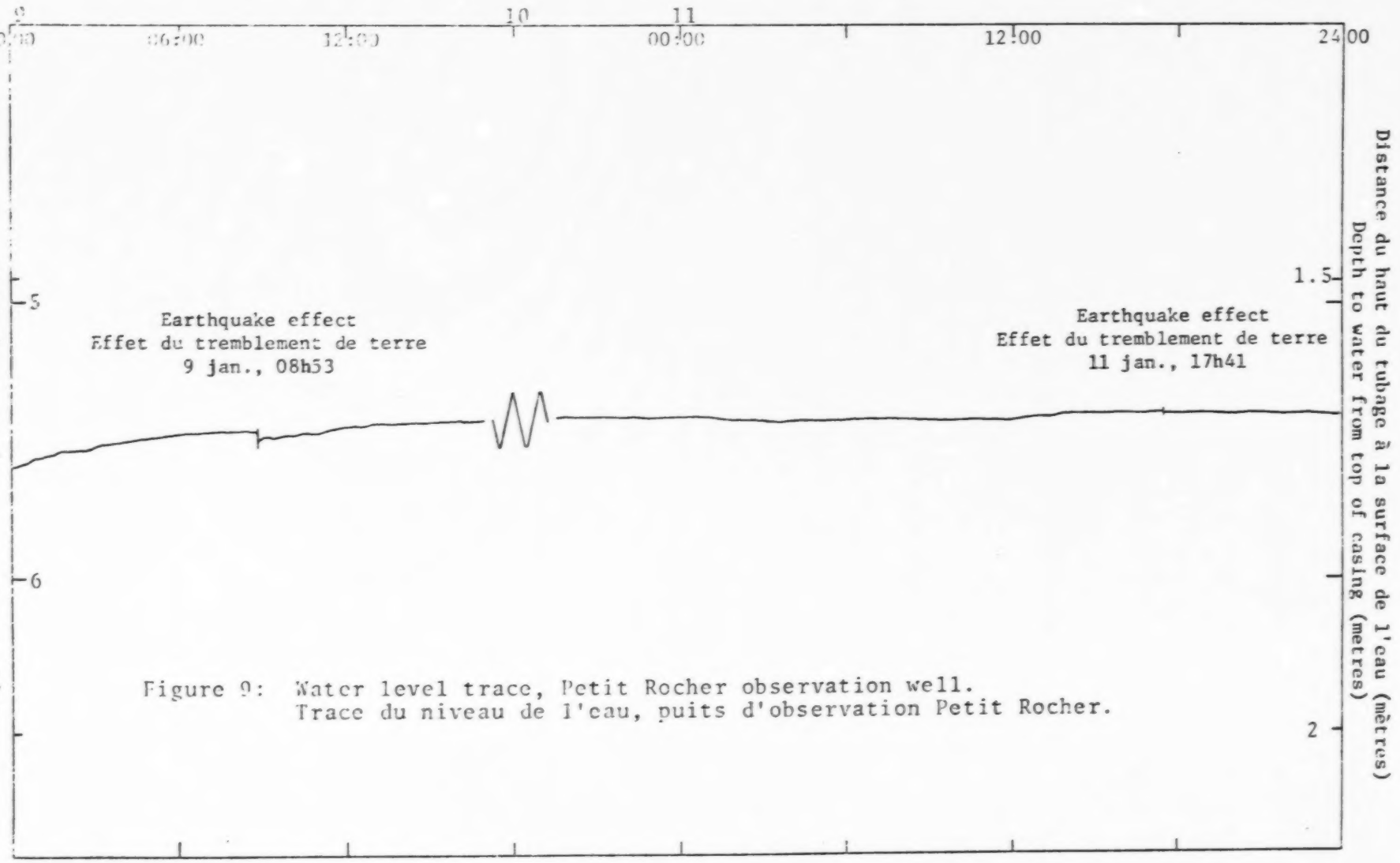


Figure 9: Water level trace, Petit Rocher observation well.
Trace du niveau de l'eau, puits d'observation Petit Rocher.

augmentations du niveau de l'eau peuvent refléter des changements de pression dans le sol avant le déclenchement du séisme d'une intensité de 5,7. À ces deux endroits, cependant, situés à 90 et 100 kilomètres de l'épicentre, des calculs théoriques indiquent que les changements de pression attribuables au séisme imminent seraient trop faibles pour affecter directement les niveaux d'eau. On pourrait accorder un rôle dominant aux hétérogénéités géologiques locales comme les fractures et les failles dans ces observations mais, encore là, l'augmentation observée dans les niveaux d'eau des puits de Royal Road et du parc industriel de Chatham ne constitue probablement pas un signe avant-coureur du séisme." (Robert Wetmiller, comm. pers., mai 1982)*

L'enregistrement du puits d'observation de Grand-Sault n'a indiqué aucune réaction perceptible suite aux secousses sismiques de janvier. Quant au puits d'observation de Petit-Rocher (Figure 9), on a observé des réactions suite à la première secousse du 9 janvier et, à un degré moindre, à la troisième du 11 janvier. La réaction maximale le 9 janvier a été inférieure à 2,5 cm (1 po) et presqu'immédiate, et le niveau d'eau est revenu au niveau où il se trouvait avant le séisme durant les trois heures suivant l'événement. La réaction suite à la secousse du 11 janvier est à peine discernable. Ces deux puits sont situés à l'extérieur de la région du complexe rocheux pennsylvanien.

* Direction de la physique du globe, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Des enregistrements provenant de nombreux puits d'observation de la région de Shippagan-Lamèque-Caraquet ont indiqué des réactions suite à la première secousse du 9 janvier ainsi que quelques-unes suite à celle du 11 janvier. Dans tous les cas, la réaction a été minime et temporaire. Généralement, les puits situés dans les régions topographiquement basses près du littoral ont été peu ou pas du tout affectés, probablement à cause de l'influence de contrebalancement du niveau de la mer.

Commentaires sur les réactions du niveau de l'eau:

Les réactions de directions opposées observées dans les niveaux d'eau des puits à différents endroits permettent d'attribuer la cause au déplacement relatif des grands blocs rocheux. Dans ce processus, d'infimes mouvements de blocs rocheux pourraient causer l'ouverture de certaines fractures entre les blocs et le rétrécissement concomittant de fractures à d'autres endroits. Le niveau d'eau dans une fracture soudainement élargie baisserait évidemment, tandis qu'une réaction opposée du niveau d'eau se produirait dans une fracture rétrécie. La différence de réaction observée dans les niveaux d'eau du puits d'observation après la secousse sismique du 9 janvier semble concorder avec ce mécanisme. Dans la plupart des cas, la réaction n'est évidente qu'après la secousse sismique initiale du 9 janvier, peut-être parce que cette secousse a stabilisé les blocs de la croûte ou peut-être aussi parce qu'elle a produit le plus grand choc.

Puisque ce processus ne semble pas avoir entraîné de perte d'eau dans la formation, mais seulement des changements locaux dans la tête hydraulique, l'eau aura eu tendance à chercher un niveau d'équilibre après l'événement en assurant une redistribution uniforme dans les fractures interconnectées. Ceci explique la nature temporaire des changements observés dans le niveau de l'eau. On pourrait supposer que de nombreux puits privés ont probablement enregistré des augmentations du niveau de l'eau, contrairement à ceux qui ont enregistré des abaissements, mais le relèvement du niveau de la nappe phréatique passerait inaperçu sauf dans de très rares cas de débordement.

Un tel cas a été reporté dans le journal de Newcastle; on a rapporté qu'un puits de petit diamètre et d'une profondeur inconnue, depuis longtemps abandonné, a commencé à déborder le jour de la première secousse sismique. Puisque l'on s'est empressé d'obturer le puits à l'aide de matériel de bourrage d'étanchéité, on ignore si le débordement a cessé par la suite. De plus, l'ingénieur municipal de la ville de Newcastle a rapporté que le puits d'approvisionnement n^{o} 2 de la rue Mitchell, dont le niveau de pompage est normalement d'environ 7,6 m (25 pi) en-dessous du niveau du sol, a enregistré un niveau d'environ 2 m (6 pi) seulement lors du pompage effectué peu après le séisme du 9 janvier. Au mois de novembre 1982, le niveau de pompage se situait environ à 4,3 m (14 pi) en-dessous de la surface. Le puits n^{o} 2 de la rue Mitchell est creusé dans un dépôt de gravier isolé et l'on croit que son alimentation en eau provient des fractures du soubassement.

Il est bon de noter ici que toutes les données disponibles sur le niveau de l'eau proviennent de puits d'observation relativement profonds et alimentés par des sources d'eau semi-isolées. Il n'existe aucun enregistrement direct pour décrire le comportement du niveau de l'eau dans des puits peu profonds alimentés par une nappe phréatique; ce type de puits est caractéristique de la majorité des puits privés qui ont connu des problèmes. Il est même impossible d'établir s'il s'est produit ou non, dans ces puits peu profonds, une réaction instantanée du niveau de l'eau semblable au phénomène observé dans les puits d'observation.

Un chercheur en géologie indépendant (W.F. Take, comm. pers., avril 1982) a également suggéré le développement d'un "renflement" tectonique de la croûte terrestre, précédant le séisme, dans la région des puits à sec. Les pressions alors produites par ce mécanisme entraîneraient la dilatation et la constriction des fractures et des fissures et affecteraient les niveaux de l'eau localement. On est d'avis que les données disponibles à l'heure actuelle sont insuffisantes, tant en termes quantitatifs que qualitatifs, pour justifier l'acceptation ou le refus de cette hypothèse.

Coïncidence de l'apparition des puits à sec et implications:

On a tracé sur un histogramme (Figure 10) les données obtenues sur les puits à sec étudiés dans les cas où celles-ci

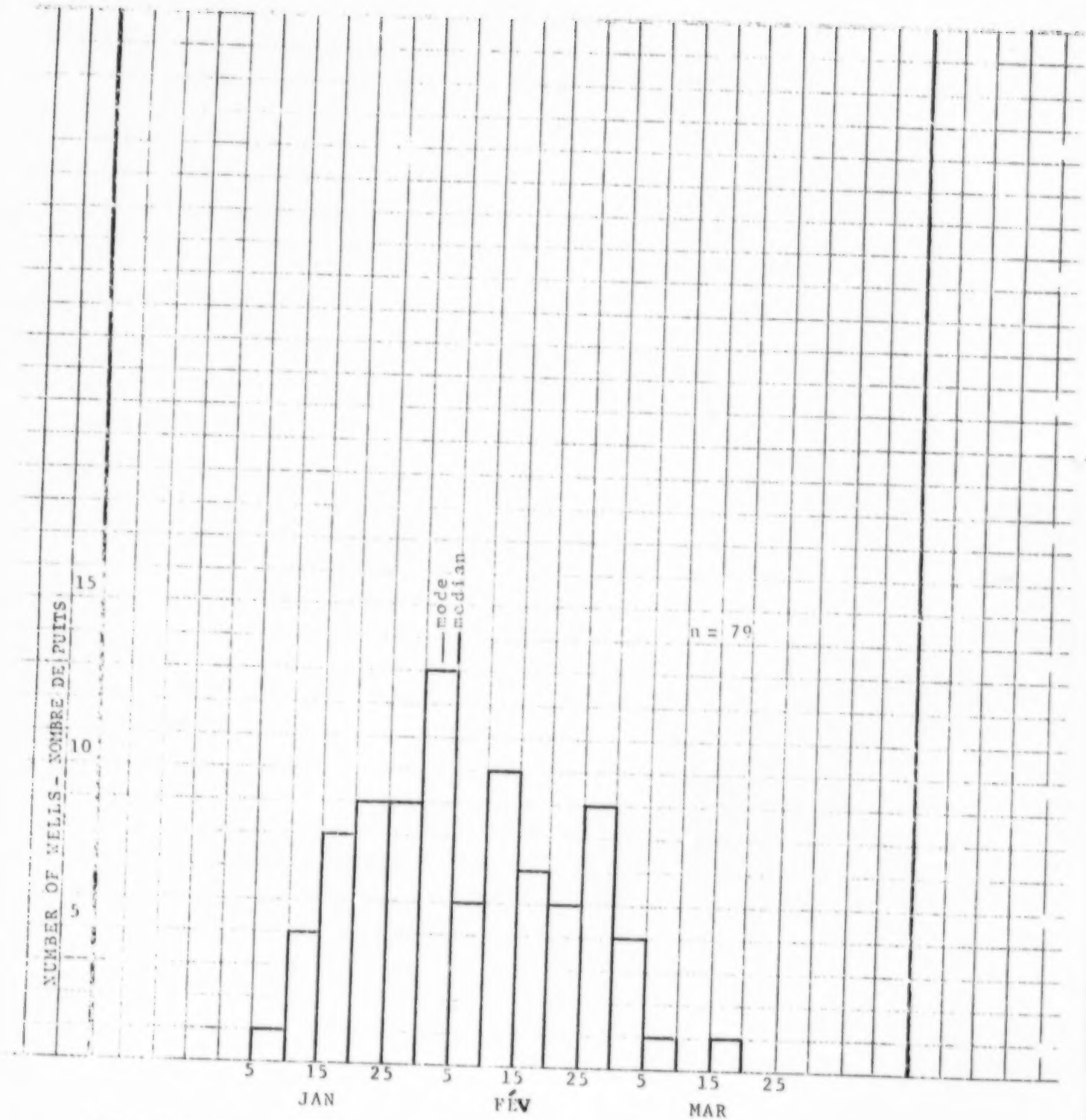


Figure 10 : Time-frequency plot of dry well occurrences in northeastern New Brunswick, winter 1982.

Graphique de la fréquence-temps de l'occurrence des puits secs, Nouveau-Brunswick nord-est, hiver 1982.

ont été jugées adéquates et que l'on a pu assigner une date à l'événement de "sécheresse", et les cas où un propriétaire de puits a remarqué pour la première fois une pénurie d'eau. Cette compilation de 79 puits représente un peu plus du tiers du nombre total de puits à sec documentés.

La répartition des dates de sécheresse des puits semble présenter une distribution tri-modale; le mode principal date de la période du 1er au 4 février. La position apparaît le 5 février et les modes secondaires sont évidents dans les périodes du 10 au 14 février et du 25 au 28 février. La validité de ces modes secondaires peut être limitée puisqu'ils sont influencés par la manière non spécifique de reporter le phénomène (c.-à-d. "il y a deux semaines", ou "il y a un mois", en se reportant à la date d'étude du 11 mars). Cette méthode de compilation ne semble pas s'appliquer au mode principal, qui est par conséquent plus significatif.

Il est évident qu'un nombre relativement peu élevé de puits (4) se sont taris au cours de la période de cinq jours suivant immédiatement le séisme du 9 janvier, qu'un nombre plus élevé mais relativement constant de puits se sont taris lors de chacune des trois périodes de cinq jours suivantes jusqu'au 31 janvier, et que ce phénomène de puits à sec a connu une période forte du 1er au 4 février, soit environ trois semaines et demie après le séisme. De plus, un nombre considérable de puits

ont continué de se tarir jusqu'à la première semaine de mars. Après cette période le nombre a diminué, premièrement parce que les niveaux d'eau souterraine ont tendance à se stabiliser lorsqu'ils atteignent leur point minimum vers la fin de l'hiver et que le risque de décharge diminue, et deuxièmement parce que l'alimentation en eau dans la couche aquifère supérieure sensible commence probablement au début ou au milieu de mars chaque année.

Compte tenu de la vaste répartition temporelle des données relatives à la "sécheresse" des divers puits, il est difficile d'attribuer totalement ou même en grande partie la cause de ce phénomène au séisme du 9 janvier. Le séisme a certainement produit des effets à court terme sur les niveaux d'eau de certains puits d'observation, pour lesquels on a observé une réaction immédiate d'une durée de 4 à 6 jours. L'effet maximum a été observé dans le puits du parc industriel de Chatham, dont le niveau a baissé de 1,7 m (5,5 pi) dans les cinq jours suivant la secousse sismique. Cette baisse comprend la diminution normale du niveau déjà en cours; on peut donc évaluer quantitativement l'effet du séisme à une baisse d'environ 1,4 à 1,5 m (4,5 à 5 pi). L'influence moyenne sur tous les puits observés étant d'environ 0,9 m (2,8 pi). Un changement de niveau de cette magnitude n'est sûrement pas la cause unique des problèmes rencontrés. On ne peut justifier logiquement une relation de cause à effet entre le phénomène de sécheresse et les répliques sismiques puisqu'aucune des répliques sismiques n'a eu de répercussion importante sur les niveaux d'eau des puits d'observation.

L'explication la plus plausible du phénomène se résume ainsi: compte tenu des caractéristiques de l'hiver, la plupart des puits qui ont connu des problèmes auraient sans doute enregistré des niveaux d'eau anormalement faibles, même en l'absence d'une activité sismique. Il se peut que les effets du séisme, ajoutés aux effets de la sécheresse de l'hiver, aient déclenché le problème dans un petit nombre des cas et qu'ils aient aussi précipité la date du phénomène des puits à sec. On est d'avis, cependant, que la principale cause du phénomène des puits secs est le manque d'alimentation en eau à long terme.

Réapprovisionnement des puits à sec:

Durant la première semaine d'avril, les journaux ont commencé à rapporter le réapprovisionnement en eau des puits à sec. Les premiers articles attribuaient ce réapprovisionnement au séisme d'une magnitude de 5,0 survenu le 31 mars. Afin d'examiner cette possibilité, la Section des eaux souterraines a effectué un sondage par téléphone auprès de 23 foyers touchés par ces phénomènes (10 % du total de cas rapportés) dans diverses régions de la péninsule nord-est. Il a été déterminé que 15 de ces puits (65 %) avaient recommencé à donner de l'eau vers le 15 mars. La majorité des puits étaient déjà réapprovisionnés entre le 15 et le 30 mars, avant que la secousse sismique du 31 mars ne se produise. Il est donc évident que le réapprovisionnement des puits n'est pas dû au séisme mais à la ré-alimentation en eau du printemps.

Conclusions:

Les puits qui ont connu des problèmes d'approvisionnement en eau au cours de l'hiver 1982 étaient pour la plupart beaucoup moins profonds que la moyenne des puits de la province et bon nombre d'entre eux étaient des puits forés manuellement avec une tarière de très petit diamètre. On a constaté également que de nombreux puits problématiques, mais certainement pas tous, étaient de qualité inférieure.

Après le séisme du 9 janvier, on a observé des fluctuations du niveau de l'eau, c'est-à-dire augmentations et diminutions, dans plusieurs puits d'observation de la région nord-est du Nouveau-Brunswick. La réaction maximale observée a été une diminution du niveau de l'eau d'environ 1,5 m (5 pi), tandis que la réaction moyenne a été d'environ 0,9 m (2,8 pi). Ces réactions ont été observées pendant une période maximale de sept jours après l'événement sismique. Cependant, la période forte de l'incidence des puits à sec a été observée entre le 1er et le 4 février, soit environ trois semaines et demie après le séisme. Ce facteur de temps permet de conclure que le séisme n'a pas été la cause principale du phénomène des puits à sec.

L'hiver de 1982 a connu un taux moyen de précipitation, mais la température constamment froide a occasionné très peu de chutes de pluie ou de fonte de neige. Il n'y a pas eu d'alimentation en eau dans le système d'eau souterraine pendant

plus de deux mois et demi, ce qui a entraîné une sécheresse hydrologique. On croit que ces conditions de sécheresse sont la cause principale des faibles niveaux d'eau souterraine ainsi que le facteur crucial du phénomène des puits à sec. Les effets du séisme peuvent avoir contribué à ce phénomène dans un petit nombre des cas, et peuvent avoir influencé la date de l'avènement de la sécheresse dans d'autres cas.

En date du 15 avril 1982, presque tous les puits qui ont connu des problèmes étaient à nouveau en état d'utilisation. Jusqu'au moment de la révision récente de ce manuscrit au milieu de février 1983, aucune plainte n'a été reçue relativement à des puits taris; nous pouvons donc en conclure qu'aucun problème permanent n'a été créé.

Recommandations:

Puisque l'on a constaté que de nombreux puits qui ont connu des problèmes d'approvisionnement temporaires étaient de qualité inférieure, on recommande que tous les nouveaux puits d'eau soient construits de manière à assurer une capacité de réserve supplémentaire en cas de conditions défavorables. En particulier, les puits forés et les puits creusés avec des tarières manuelles devraient se conformer rigoureusement aux normes établies dans le Règlement sur les puits d'eau (Règl. 78-4 en vertu du Clean Environment Act (Loi sur la lutte contre la pollution de l'environnement, O.C. 82-988).

Dans certains cas, on a observé que les installations de pompage étaient tout simplement incapables de tirer l'eau disponible à de plus grandes profondeurs dans les puits de forage existants, malgré le niveau d'eau statique anormalement bas. On recommande que les installations de pompage des nouveaux puits soient conçues de façon à pouvoir utiliser toute la capacité du puits.

L'évaluation de l'influence attribuable aux conditions de sécheresse et au séisme en ce qui a trait aux faibles niveaux d'eau souterraine est très subjective. Afin de mieux éclaircir la question, à savoir si le séisme a causé ou non une perte d'eau importante dans le système d'eau souterraine, il serait bon de documenter toutes les anomalies enregistrées dans le débit d'eau de ruissellement de la région au cours de la période suivant le séisme. On recommande la mise sur pied d'une étude sur les variations du volume des eaux de ruissellement dans les rivières du nord-est du Nouveau-Brunswick dont le débit est connu afin d'identifier la possibilité d'une perte excessive d'eau souterraine pendant la période à faible débit de l'hiver 1982.